

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde,
Kopf- und Halschirurgie „Otto Körner“, Universität Rostock

Direktor: Prof. Dr. med. habil. H. W. Pau

CT-gestützte Parametrisierung der Orbita

Inauguraldissertation

zur

Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin

der Medizinischen Fakultät

der Universität Rostock

vorgelegt von

Franziska Köster, geb. am 19.01.1982 in Rostock

aus Rostock

Rostock, 2009

Datum der Einreichung: 15.12.2009

Datum der Verteidigung: 29.09.2010

Dekan: Prof. Dr. med. habil. Emil Reisinger

1. Gutachter: Prof. Dr. med. habil. B. Kramp, Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie „Otto Körner“, medizinische Fakultät, Universität Rostock
2. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. K. Brökel, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik/CAD, Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik, Universität Rostock
3. Gutachter: Prof. Dr. med. habil. N. Hosten, Zentrum für Radiologie, medizinische Fakultät, Universität Greifswald

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Anatomie der Orbita.....	2
1.2. Blow-out-Fraktur - Definition und Pathogenese.....	4
1.3. Anthropometrie.....	5
1.3.1. Das Gesichtswachstum - die Orbita.....	5
1.3.2. Methoden und Landmarken in der Anthropometrie.....	6
1.4. Orbitale Diagnostik und Messverfahren in der Anthropometrie.....	8
1.4.1. Computertomographie.....	8
1.4.1.1. CT-gestützte Diagnostik und Parametrisierung der Orbita.....	11
1.4.2. Taktiles Scanverfahren.....	12
1.5. Computer Aided Design, Finite-Element-Modelle und deren Anwendung.....	13
1.6. Ziele der Arbeit.....	13
2. Material und Methodik	16
2.1. CT-Datensätze/taktiler Scanverfahren.....	16
2.2. Parametrisierung der Orbitaregion.....	17
2.2.1. Streckenvermessungen und anatomische Bezugspunkte.....	18
2.2.2. Definition und Abbildung ausgewählter Orbitaparameter.....	19
2.2.3. Weitere Vermessungsgrundlagen.....	22
2.3. Datenerfassung und -auswertung.....	23

3. Ergebnisse	25
3.1. Auswertung CT-gestützt und taktil erhobener Beobachtungsreihen.....	25
3.2. CT-gestützt vermessene Orbitaparameter.....	27
3.2.1. Verteilung und Ergebnisse der Orbitatiefenvermessung in der Ebene 1.....	27
3.2.2. Orbitabreite.....	28
3.2.2.1. Verteilung und Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung.....	28
3.2.2.2. Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung im Abstand zu den Körperebenen.....	31
3.2.3. Orbitahöhe.....	36
3.2.3.1. Verteilung und Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung.....	36
3.2.3.2. Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung im Abstand zu den Körperebenen.....	39
3.2.4. Orbitadiagonalen.....	43
3.2.4.1. Verteilung und Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung	43
3.2.4.2. Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung in der Ebene 1 im Abstand zu den Körperebenen.....	47
3.2.5. Verteilung und Ergebnisse der Canalis opticus (orbitaler Anteil) Breiten- und Höhenvermessung.....	49
3.2.6. Verteilung und Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung basierend auf der Vermessungsgrundlage nach Waitzmann et al. 1992 - ein Vergleich.....	53
3.2.7. Orbitaeingang in dreidimensionaler Ansicht.....	54
3.2.7.1. Verteilung und Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung.....	54
3.2.7.2. Verteilung und Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung.....	55
3.2.7.3. Verteilung und Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung.....	56
3.3. Taktiles Scanverfahren - ein Vergleich zur dreidimensionalen CT- gestützten Parametrisierung des Orbitaeinganges.....	56
3.3.1. Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung.....	56
3.3.2. Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung.....	57
3.3.3. Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung.....	58

4. Diskussion	60
4.1. Anzahl CT-gestützt und taktil erhobener Beobachtungsreihen	60
4.2. CT-gestützt vermessene Orbitaparameter.....	62
4.2.1. Orbitatiefe in der Ebene 1.....	62
4.2.2. Orbitabreite.....	63
4.2.3. Orbitabreitenvermessung im Abstand zu den Körperebenen.....	67
4.2.4. Orbitahöhe.....	71
4.2.5. Orbitahöhenvermessung im Abstand zu den Körperebenen.....	72
4.2.6. Orbitadiagonalen.....	73
4.2.7. Orbitadiagonalenvermessung in der Ebene 1 im Abstand zu den Körperebenen.....	75
4.2.8. Canalis opticus (orbitaler Abteil) Breiten- und Höhenvermessung.....	75
4.2.9. Orbitabreitenvermessung basierend auf der Vermessungsgrundlage nach Waitzmann et al. 1992 - ein Vergleich.....	77
4.2.10. Orbitaeingang in dreidimensionaler Ansicht.....	78
4.3. Taktiler Scanverfahren - ein Vergleich zur dreidimensionalen CT- gestützten Vermessung des Orbitaeinganges.....	83
5. Schlussfolgerung und Ausblick	86
6. Literaturverzeichnis	89
7. Anhang	101
7.1. Parametrisierung der Orbita in tabellarischer Übersicht.....	101
7.2. Darstellung der Ergebnisse in tabellarischer und grafischer Übersicht.....	106
7.2.1. Orbitatiefe in der Ebene 1.....	106
7.2.1.1. Ergebnisse der Orbitatiefenvermessung.....	106

7.2.2. Orbitabreite.....	107
7.2.2.1. Verteilung und Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung.....	107
7.2.2.2. Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung im Abstand zu den Körperebenen.....	109
7.2.3. Orbitahöhe.....	112
7.2.3.1. Verteilung und Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung.....	112
7.2.3.2. Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung im Abstand zu den Körperebenen.....	114
7.2.4. Orbitadiagonalen.....	116
7.2.4.1. Orbitadiagonalenverteilung in Abhängigkeit zweier CT- Technologien.....	116
7.2.4.2. Verteilung und Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 30°.....	117
7.2.4.3. Verteilung und Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 60°.....	119
7.2.4.4. Verteilung und Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 120°.....	121
7.2.4.5. Verteilung und Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 150°.....	123
7.2.4.6. Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung in der Ebene 1 im Abstand zu den Körperebenen.....	125
7.2.5. Ergebnisse der Vermessungen im Bereich des Canalis opticus (orbitaler Anteil).....	127
7.2.6. Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung nach der Vermessungsgrundlage von Waitzmann et al. 1992.....	128
7.2.7. Ergebnisse der Vermessung von Orbitabreite, -höhe und -diagonalen in dreidimensionaler Ansicht.....	129
7.2.8. Taktiles Scanverfahren - Ergebnisse der Orbitabreiten-, Orbitahöhen- und Orbitadiagonalenvermessung.....	130
7.3. Abbildungsverzeichnis.....	131
7.4. Tabellenverzeichnis.....	135
7.5. Nomenklatur.....	138

8. Eidesstattliche Erklärung..... 140

9. Danksagung..... 141

10. Thesen..... 142

1. Einleitung

Die Computertomographie ist ein anerkanntes Verfahren der modernen medizinischen Diagnostik. Durch Überlagerungsfreiheit und kontrastreiche Darstellung stellt sie ein leistungsfähiges Verfahren, beispielsweise in der Bildgebung der Orbita, dar und ist fester Bestandteil der klinischen Routine. Indikationen zur Durchführung einer Computertomographie müssen jedoch, aufgrund der Strahlenexposition pro Untersuchung für den Patienten, sinnvoll und gezielt gestellt werden.

Neben pathologischen Prozessen im Bereich der Augenhöhle, wie isolierte Blow-out-Frakturen, können in den CT-Bilddaten natürliche Strukturen der Orbita und ihrer Umgebung näher beurteilt werden.

In der Anthropometrie, der wissenschaftlichen Ermittlung von Maßverhältnissen und dem Vergleich von biologischen Strukturen, sind Quantifizierungen des Kopfes, durch zu Hilfenahme bestimmter Bezugspunkte, möglich. Diese biologisch bedeutenden Punkte werden als Landmarken bezeichnet.

Anthropometrisch direkte und indirekte Winkel- und Streckenmessungen können Auskunft über Asymmetrien sowie alters- und geschlechtsspezifische Entwicklungsprozesse im Schädelbereich geben.

Computertomographisch erfasste oder taktile vermessene Daten sind unter anderem für die Entwicklung eines parametergestützten virtuellen Modells der Orbita grundlegend.

In der Erstellung virtueller Modelle sind mehrere in einander übergreifende Arbeitsschritte notwendig. So bilden CAD-Modelle (Computer Aided Design) die Grundlage zur späteren Erstellung von FEM Simulationen, anhand derer Art und Größe von einwirkenden Kräften im Gesichtsschädelbereich geklärt werden können.

Virtuelle Modelle können zur zeitgemäßen Ursachenklärung spezieller Verletzungsvorgänge im Gesichtsschädelbereich, wie die der Blow-out-Frakturen, dienen. Eine Verwendung im Bereich chirurgischer Rekonstruktionen oder zur individuellen Anpassung von Produkten im Kopfbereich, wie Helme oder Brillen, ist in Zukunft vorstellbar.

1.1. Anatomie der Orbita

Im medizinischen Fachterminus wird die Augenhöhle als Orbita bezeichnet. Literarisch wird diese auch als Rad oder Kreis bezeichnet (50).

Die Form der Orbita wird als trichter- oder pyramidenförmig beschrieben, deren Spitze dorsomedial verläuft und im Canalis opticus mündet. Ihre Grundfläche wird als Augenhöhleneingang (Aditus orbitae) bezeichnet, welche sich viereckig und abgerundet darstellt. Der Aditus orbitae lässt sich in vier Wände aufteilen, die einen starken knöchernen Ring bilden. Es handelt sich um eine superiore, inferiore, laterale und mediale Orbitawand (52).

Die knöcherne Struktur der Orbita besteht aus sieben mosaikartig angeordneten Schädelknochen, wie dem Os frontale, Os ethmoidale, Os lacrimale, Os zygomaticum, Os palatinum, Os sphenoidale und der Maxilla (**Abbildung 1**) (82).

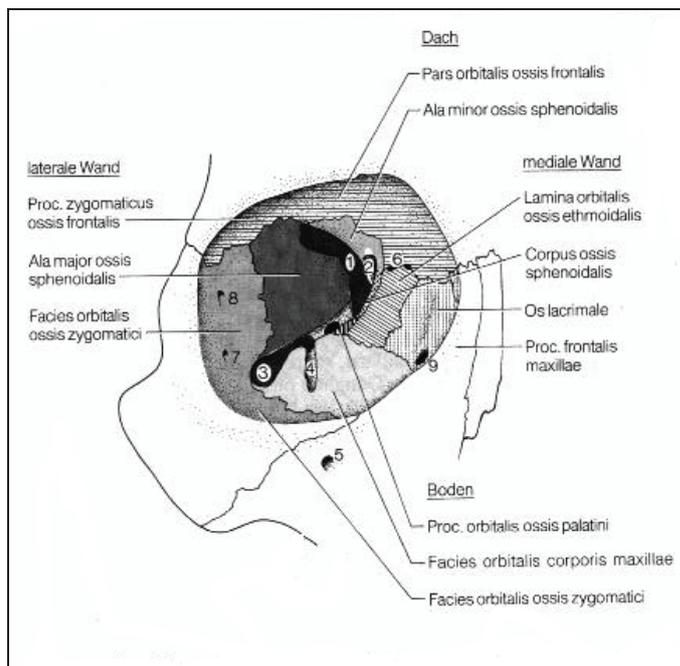


Abb. 1: Rechte Orbita, Blick von vorne, aus Schiebler TH, Schmidt W: Anatomie, Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie des Menschen.- 8. Auflage - Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2002, Seite 404

Die Augenhöhle ist besonders in ihren medialen und inferioren Wandanteilen durch unterschiedliche Knochenstärken gekennzeichnet.

Die Facies orbitalis der Maxilla ist größter Bestandteil des Orbitabodens. Im vorderen seitlichen Bereich steht die Facies orbitalis ossis zygomatici mit den lateralen Wandabschnitten in Verbindung. Im hinteren Abschnitt des Orbitabodens befindet sich der Processus orbitalis der Lamina perpendicularis ossis palatini. Das hintere Drittel des Orbitabodens ist lateral durch die Fissura orbitalis inferior begrenzt. Mediale Wandabschnitte sind im vorderen Bereich etwa durch die Sutura lacrimomaxillaris gegen das Tränenbein abgegrenzt. Im dorsalen Abschnitt findet sich die Sutura ethmoidomaxillaris. Der Orbitaboden wird als ungefähr dreieckig beschrieben (52).

Der Nervus infraorbitalis verläuft, eingebettet in die knöcherne Struktur des Orbitabodens, in dorsoventraler Richtung (52).

Hinsichtlich uneinheitlicher Knochendicke des Orbitabodens zeigen sich verschiedene Zonen (**Abbildung 2**) (41, 70).

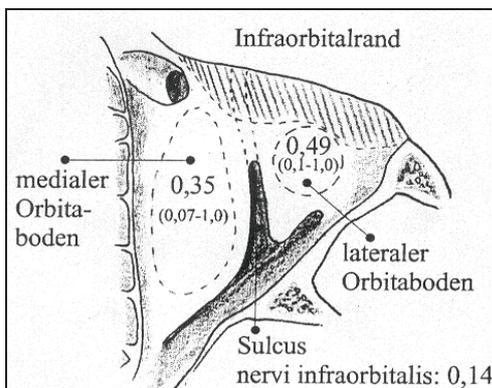


Abb. 2: Aufsicht auf den Orbitaboden mit durchschnittlichen Knochenstärken in mm (in Klammern: unterer und oberer Extremwert), aus Fischer AL: Isolierte Frakturen der Orbitawände unter besonderer Berücksichtigung der Orbitafrakturen. Inaugural - Dissertation, Universität Rostock, 2002, Seite 7

Die dorsomediale Zone ist durch eine Knochendicke nach Papke (1983) von 0,21 mm und nach Jones (1967) von 0,37 mm gekennzeichnet.

Die Abschnitte des Sulcus infraorbitalis sind nach Papke (1983) mit einer durchschnittlichen Knochendicke von 0,14 mm angegeben.

Die rechten Orbitabodenabschnitte sind im Vergleich zur linken Seite in der Knochenstärke um 0,01 - 0,08 mm minimiert (70).

Neben der Konvexität im dorsomedialen Bereich des Orbitabodens sind die minimalen Knochenstärken und die fehlende Septierung bedeutend für die Lokalisation von Blow-out-Frakturen im Orbitabodenbereich (70, 86).

Wie auch die *Paries inferior orbitae* ist die mediale Seitenwand, ausgenommen dem Oberkieferbein, durch eine minimale Knochendicke gekennzeichnet (41, 52, 64, 99). Eine mögliche Rarefizierung vom *Os lacrimale* in Abhängigkeit von Lebensjahren ist beschrieben (52). Eine höhere Stabilität dieser ist in der Literatur formuliert (86).

1.2. Blow-out-Fraktur - Definition und Pathogenese

Zunächst verwendeten Converse und Smith (1957) den Begriff „Blow-out-Fraktur“ für isolierte Orbitabodenfrakturen. Später wurden auch Frakturen anderer Wandabschnitte hinzu gezählt.

In der aktuellen Literatur werden die Blow-out-Frakturen als isolierte Frakturen der Orbitawände bezeichnet.

Diese werden vorwiegend durch stumpfe Gewalt hervorgerufen (47).

Zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten versuchen die Besonderheit der Pathogenese der Blow-out-Fraktur zu klären (1, 29, 96, 97). Es wurden zwei Theorien zur Pathogenese aufgestellt.

In der „buckling force“-Theorie wirken Kräfte direkt auf die Orbitaländer und führen zu einer Übertragung mit gleichzeitiger Belastung definierter Areale, der dünnen Orbitawände. Der Orbitainhalt wird pathogenetisch wenig beeinflusst (47).

Im Gegensatz dazu steht die „hydraulic pressure“-Theorie. Grundlage dieses indirekten Mechanismus ist die hydraulische Kraftübertragung auf den Orbitainhalt. Es kommt häufig zu einem Prolaps der orbitalen Weichteile in die Peripherie.

Die „hydraulic pressure“-Theorie ist ein Ergebnis erster wissenschaftlicher Untersuchungen (47).

Die durch McCoy und Mitarbeiter (1962) aufgestellte Theorie der direkten Kraftübertragung wurde in zahlreichen klinischen und experimentellen Studien unter anderem von Fujino/Sato (1974) oder Stoll und Kroll (1982) näher untersucht und bestätigt (47).

Andere Wissenschaftler, wie Converse et al. 1957, Waterhouse et al. 1999 und Suzuki et al. 2001 favorisieren die Theorie der hydraulischen Kraftübertragung.

In einer neueren biomechanischen Studie, basierend auf wissenschaftlichen Untersuchungen anhand frischer, menschlicher Präparate, wird von einer Kombination beider Theorien ausgegangen (1). Jedoch sind Materialien und Methodik in der Publikation von Ahamd et al. 2003 heutzutage aus ethischer Sicht fraglich und nicht mehr zeitgerecht.

1.3. Anthropometrie

Medizinische Studien untersuchen anthropometrisch sowohl mit Hilfe von direkten als auch indirekten Messverfahren das umfangreiche Thema des Gesichtswachstums, welches während des ganzen Lebens anhält (72, 75).

In den anthropometrischen Vermessungen von Jürgens et al. 1998 sind unter anderem Maße zur Kopflänge, -höhe und -breite sowie dem Pupillenabstand abgebildet.

1.3.1. Das Gesichtswachstum - die Orbita

Basierend auf verschiedenen kraniofazialen Wachstumsprozessen bestehen Unterschiede im Geschlecht, Alter und Rasse (18, 19, 72, 81, 83).

Obwohl das Gesicht eines jeden Menschen aus nur wenigen Knochen zusammengesetzt ist, ist jedes für sich individuell. Die verschiedenen Wachstumsprozesse im gesamten Schädelbereich sind in Regionen und Stadien aufgeteilt (17).

Veränderungen in der Knochenstruktur haben einen Effekt auf die Gesichtsteile. Knochen- und Weichteilstrukturen bilden im Gesichtswachstum einen Komplex (75).

Die Orbita ist ein sehr dominantes Element im kraniofazialen Komplex. Entwicklungsstörungen oder pathologische Veränderungen eines knöchernen Elementes können die Harmonie sowohl in der unmittelbaren Nachbarschaft des einzelnen Knochens als auch der Orbita stören (4, 17).

Humphrey (1858) und Pfitzner (1899) beschrieben als erste das lebenslange Wachstum des knöchernen Gesichtes (74).

Weitere wissenschaftliche Studien, welche sich mit dem Gesichtswachstum bis zum Erwachsenenalter beschäftigten, folgten.

Oehmann (1975) beschreibt unter anderem die Entwicklung der Orbitabreite, -höhe und -wände sowie die Breite des Canalis opticus im Bereich der „Opticustaile“ bis zu einem Alter von 20 Jahren.

Während der ersten 15 Lebensjahre findet eine lineare orbitale Volumenzunahme statt (7).

In der transversalen Studie von Pessa et al. 2003 sind signifikante Verzerrungen des oberen und unteren orbitalen Randes (der Orbitaöffnungsfläche) im Laufe des Lebens beschrieben. Orbitale Veränderungen können mit einer „clockwise rotation“ im Bereich des Mittelgesichtes im Zusammenhang stehen (74).

1.3.2. Methoden und Landmarken in der Anthropometrie

Erste Schritte dreidimensionaler Messungen des menschlichen Gesichtes sind von den Griechen in der Antike bekannt.

Leonardo da Vinci (1489) versucht seine Untersuchungen an menschlichen Leichnamen mit Hilfe anatomischer Bezugspunkte und geometrischer Formen vorzunehmen und kennzeichnet diese in zahlreichen Abbildungen (**Abbildung 3**).

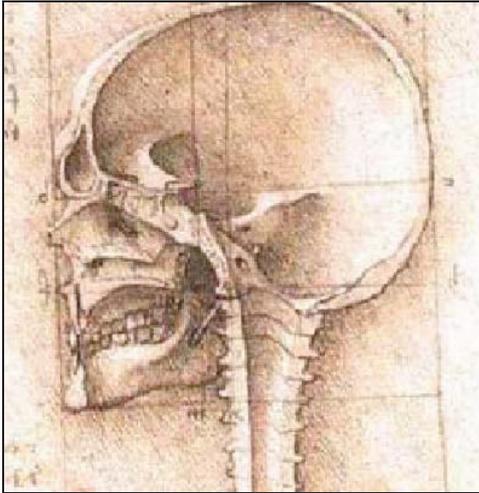


Abb. 3: Der menschliche Schädel, von Leonardo da Vinci, 1489, (Manuskript Windsor Castle, Royal Library) 19057 aus Laurenza D: Leonardo da Vinci: Künstler, Forscher, Ingenieur. Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft Verlagsges., 2001, Seite 54

Landmarken können sowohl in anatomischen Präparaten als auch in radiologischen Aufnahmen lokalisiert werden und beschreiben unter anderem knöcherne Foramina, Suturen oder Vorsprünge.

Wichtige Faktoren zur Erfassung dieser sind neben der leichten Identifikation, die Genauigkeit der Lokalisation sowie die Übereinstimmung in den zu untersuchenden Objekten (57, 80).

Im Schädelbereich ist zur anthropometrischen Beurteilung die Bestimmung eines Koordinatensystems, bestehend aus Horizontal- und Frontalebene sowie Schädelmedianen, von Relevanz. Die Festlegung der Körperebenen, welche senkrecht zueinander stehen, folgt einer festen Definition (siehe **Abschnitt 2.2.1.**) (49). Die Frontalebene liegt beispielsweise vor dem Os nasale.

Im Laufe der Jahrhunderte wurden verschiedene direkte und indirekte anthropometrische Messtechniken entwickelt. Broadbent (1931) führt die indirekte Beurteilung des Gesichtswachstums durch frontale und/oder laterale Röntgenaufnahmen ein (95).

Weitere Methoden zur Erfassung dreidimensionaler Daten des Gesichtes sind beispielsweise Laser-Scanning-Systeme oder computertomographisch erfasste

Datensätze. Nach Waitzmann und Mitarbeiter (1992) unterscheiden sich beispielsweise orbitale Streckenvermessungen, bestimmt in direkter und indirekter Meßmethode (anatomische Vermessung/CT-Bilddaten in axialer Schnittführung), mit einer durchschnittlichen Differenz von 0,9%.

1.4. Orbitale Diagnostik und Messverfahren in der Anthropometrie

In der Augenheilkunde sind zur Darstellung von knöchernen Strukturen und Weichteilen zahlreiche Verfahren entwickelt worden.

Zum Ausschluss traumatischer orbitaler Verletzungen wird gegenwärtig orientierend das konventionelle Röntgen in Form einer Aufnahme des Schädels im posterior-anterioren (p.-a.) und lateralen Strahlengang durchgeführt. Orbitaboden und Jochbein können durch Aufnahme der Nasennebenhöhlen besser beurteilt werden (2).

Um eine Maximierung der diagnostischen Treffsicherheit zu erreichen, wird die Computertomographie ergänzend eingesetzt. In der Erkennung von komplexen orbitalen Traumata wird diese als Goldstandard angegeben (2, 15).

Kernspintomographie und Sonographie stellen besonders in der Weichteildiagnostik weitere Untersuchungsverfahren dar (27, 32, 40, 59, 98).

1.4.1. Computertomographie

In der CT-Technologie gelangt der Röntgenstrahl von seiner Quelle durch Schichten bestimmter Körperregionen und wird in verschiedenen Positionen des Röntgenröhren-Detektor-Systems als Schwächungsprofile (Attenuation) aufgezeichnet (60).

Nach Anordnung von Röntgenröhre und Detektoren unterscheidet man verschiedene Scanningsysteme (6, 60).

Röntgen- und Detektoreinheit sind neben anderen mechanischen Bauelementen in der Gantry, der Scaneinheit, zusammengefasst. Eine weitere wichtige Komponente des CT-Systems ist der Patiententisch. Sowohl Planung und Koordination als auch

Rekonstruktion der CT-Projektionen erfolgen durch den Bildprozessor und der Konsole basierend auf modernen Rechnersystemen (60).

In **Abbildung 4** ist das „Pipeline Prinzip“ der Bildrekonstruktion dargestellt. Es beinhaltet die fortlaufende Verarbeitung von Schwächungswerten pro Voxel in digitale Signale (36, 60).

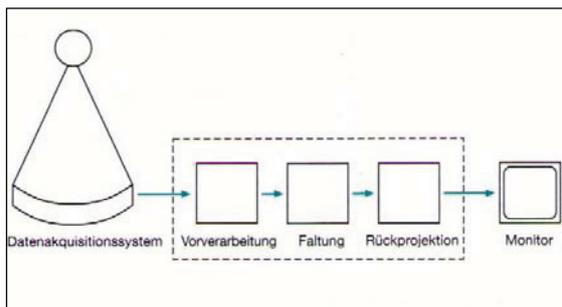


Abb. 4: Darstellung des Pipeline Prinzips der Bildrekonstruktion, aus Hofer M: CT-Kursbuch, mit einem Geleitw. von U. Mödder.- 4., überarb. und erw. Aufl. - Düsseldorf: Verl. Didamed, 2003, Seite 12

Voxel sind Quader, die dem Produkt aus Pixel mal Schichtdicke entlang der Körperachse entsprechen (36).

Die rekonstruierten Schwächungswerte werden in Hounsfield-Einheiten (HE) angegeben. In dieser Graustufenskala ist für das Wasser ein Wert von 0 HE und für die Luft ein Wert von -1000 HE festgelegt. Insgesamt werden 256 Graustufen auf dem Monitor dargestellt. Das menschliche Auge kann individuell 20-50 Grautöne differenzieren.

Eine Optimierung der Kontrastierung von spezifischen Geweben wird durch die Verteilung individuell erfassbarer Grautöne auf einen kleinen Dichtebereich erreicht. Knöchernen Strukturen gehen im Knochenfenster mit hohen Dichtewerten einher (36, 39, 78).

In der Entwicklung der Computertomographie spielen die Verbesserung der Bildqualität und die Verkürzung der Aufnahmezeit eine zentrale Rolle.

Vergleichend zur konventionellen CT-Technologie erfolgt in der Spiral-CT-Technologie (Single-Slice-CT (SSCT) oder in der weiterentwickelten Multi-Slice-CT (MSCT)) eine kontinuierlich Abtastung des Patienten zur Erstellung eines einzigen Volumendatensatzes. Der Patiententisch bewegt sich fortwährend entlang der Körperlängsachse (z-Achse). Der Patient wird durch die Röntgenstrahlen, gewährleistet durch mehrere 360° Drehungen der Gantry, kontinuierlich abgetastet (36).

Durch die Spiral-CT-Technologie ist eine lückenlose Schichtrekonstruktion, Reduktion von Atmungs- und Bewegungsartefakten und eine verminderte Strahlenbelastung der Patienten möglich (36, 60).

Die MSCT kann durch mehrere aufgereihte Detektorringe größere Untersuchungsvolumen pro Zeit erfassen als die SSCT. Je nach Entwicklungsstand ist ein gleichzeitiges Einlesen mehrerer Schichten (4 bis 256) möglich (36, 66).

Abbildung 5 stellt vergleichend Aufnahmen des menschlichen Körpers entwickelt durch unterschiedliche Entwicklungsstandards der Spiral-CT-Technologie dar.

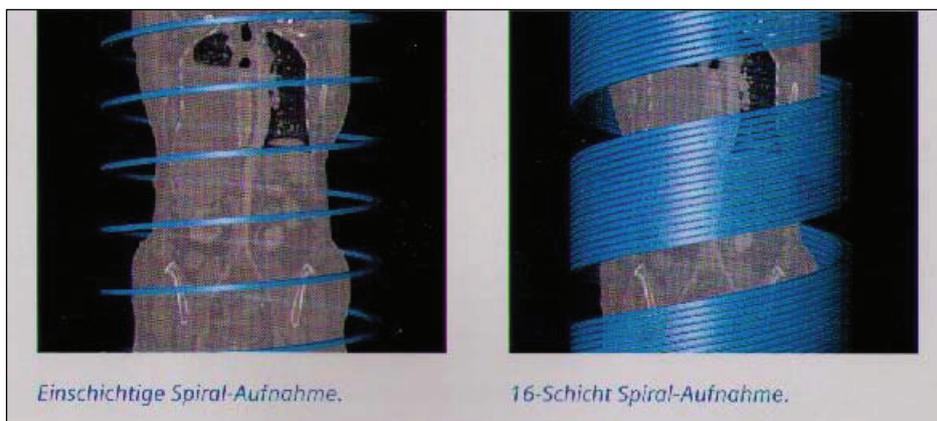


Abb. 5: Einschichtige Spiral-Aufnahme; 16-Schicht Spiral-Aufnahme, aus Computertomographie, Geschichte und Technologie. München: Siemens AG, 06.2006, Seite 23

Die MSCT garantiert eine detailgerechte Darstellung von Körperregionen innerhalb normaler Scanzeiten.

Es wird eine Aufnahme dünnerer Schichten mit guter überlappender Schichtrekonstruktion gewährleistet und eine Besserung des axialen Auflösungsvermögens erreicht (43, 45).

Die Wahl geringer Schichtdicken ermöglicht eine hohe räumliche Auflösung. Zwei in Nachbarschaft stehende Objekte können somit optimal dargestellt werden (60).

In der MSCT können Objekte durch die Generierung isotroper Voxel, welche in der x-, y- und z-Ebene die gleiche Kantenlänge haben, stufenfrei abgebildet werden (36).

1.4.1.1. CT-gestützte Diagnostik und Parametrisierung der Orbita

Langen beschreibt schon 1989 die Computertomographie als eine Technik mit höchster Aussagekraft in der Beurteilung von Orbitafrakturen. Durch coronare und axiale Schnittführung in minimalen Einzelschichten von 2 mm Schichtdicke ist die konventionelle Computertomographie schon in den vergangenen Jahren anderen diagnostischen Verfahren überlegen gewesen (51, 67).

Die heutige MSCT bietet, nach Aquirierung gewünschter Volumina, eine Rekonstruktion von Schichten bis zu 0,5 mm Dicke (65).

Hoffmann et al. 2005 bezeichnen die MSCT als neuen Standard in der Diagnostik von Orbitawandfrakturen. Die Darstellung der Orbita in mehreren Projektionen, realisiert durch die Mehrzeilencomputertomographie, ist in der Differentialdiagnostik unerlässlich. Zur optimalen Darstellung des Orbitabodens wird sowohl die coronare als auch die sagittale Projektion empfohlen. Die Beurteilung der medialen Orbitawand scheint in der axialen Schnittführung sinnvoll (37).

Schon frühere Publikationen postulieren, dass die coronare Schnittführung bei orbitalen Frakturen, zur Darstellung des Orbitabodens und -daches sowie kleiner Strukturen zu favorisieren ist (12, 55, 63, 77). In axialer Schichtung lassen sich unter anderem der Verlauf des Nervus opticus sowie das Chiasma besser darstellen (2).

Die CT-gestützte Parametrisierung ist wesentlicher Bestandteil zahlreicher anthropometrischer Studien (10, 94, 95).

Nach Yune et al. 1993 rangiert die Genauigkeit CT-gestützter Parametrisierung im Millimeterbereich.

Die Verwendung minimaler Schichtdicken, realisiert durch den derzeitigen Entwicklungsstandard der Computertomografie, ermöglicht sowohl eine Reduktion von Messfehlern als auch eine optimale Entwicklung dreidimensionaler Bilddaten (92).

1.4.2. Taktiler Scanverfahren

Ein taktiler Untersuchungsverfahren stellt beispielsweise das Knickarmsystem MicroScribe G2 3 D Digitizer der Firma Immersion Corporation (US) dar (**Abbildung 6**).

Dieses direkte Messverfahren ist gegenüber Einflüssen aus der Umwelt unempfindlich. Es kann mit festen Gegenständen, unterschiedlichen Ursprungs, arbeiten. Am Knickarmsystem befinden sich digital optische Sensoren. In kurzer Zeit können durch kompatible Software dreidimensionale Bilddaten entstehen (34).



Abb. 6: MicroScribe G2 3 D Digitizer der Firma Immersion Corporation (US), aus http://www.immersion.com/digitizer/products/microscribe_g2.php

Nach der Registrierung von kartesischen Koordinaten anthropometrischer Punkte und der Bestimmung individueller Koordinatensysteme erfolgt die Übertragung in ein jeweiliges Schädelkoordinatensystem (46).

1.5. Computer Aided Design, Finite-Element-Modelle und deren Anwendung

Computer Aided Design (CAD) dient der digitalen Definition und analogen Abbildung geometrischer Körper. Ableitungen erfolgen mit Hilfe unterschiedlichster Methoden. CT-Datensätze, aber auch Daten taktiler Untersuchungsverfahren werden verwendet. Dreidimensionale CAD-Daten sind für Finite-Element-Modelle grundlegend. Nach dieser Methode werden spezifische Strukturen wie Muskel, welche durch einen komplexen Aufbau gekennzeichnet sind, in eine große Anzahl von Elementen unterteilt. Dreiecke können die Oberflächenvernetzung und Tetraeder die Volumenvernetzung bilden (87). Mit Hilfe der Finite-Element-Analyse (FEA) können bestimmte Eigenschaften, beispielsweise die Elastizität in der Schädelregion, näher beurteilt werden.

Die Entstehungsmechanismen zur Blow-out-Fraktur sind durch klinische und experimentelle Studien bisher nicht eindeutig geklärt. Kramp und Mitarbeiter weisen 1997 auf eine mögliche Ursachenklärung von Frakturmechanismen im Mittelgesicht und der Rhinobasis mittels der Finite-Elemente-Methodik hin. Nach Fischer (2002) sind realitätsnahe experimentelle Bedingungen, wie die Anatomie der Augenhöhle und ein Elastizitätsmodul der Knochen, in einem Finite-Elemente-Modell zu berücksichtigen.

1.6. Ziele der Arbeit

Die vorliegende Dissertation zur CT-gestützten Parametrisierung der Orbita ist Bestandteil eines Forschungsprojektes zur Entwicklung eines generischen Modells der Orbita. Ziel ist eine Generierung eines virtuellen menschlichen Schädelmodells.

Der Einsatz virtueller Schädelmodelle zur zeitgemäßen Ursachenklärung von Frakturen im Bereich des Gesichtsschädels, beispielsweise die der Blow-out-Fraktur, ist in Zukunft vorstellbar und soll im Rahmen dieses Gemeinschaftsprojektes abschließend

näher untersucht werden. Bis zu diesem Zeitpunkt liegt keine eindeutige Definition der Pathogenese der Blow-out-Fraktur vor.

Auch eine Verwendung derartiger Modelle im Bereich medizinischer Interventionen, beispielsweise chirurgischer Rekonstruktionen oder in der Entwicklung geometrisch angepasster Produkte im Kopfbereich, wie Helme und Brillen, ist denkbar.

Vor Beginn dieses Projektes wurde ein Arbeitsprogramm erstellt. Dieses beinhaltet mehrere ineinander übergreifende Arbeitsfelder.

Das erste und grundlegende Arbeitsfeld, welches in der vorliegenden Dissertation bearbeitet wird, ist eine Datenerhebung zur Parametrisierung der Orbita und ihrer Umgebung.

CT-gestützt erfasste Messparameter sowie zur Verfügung stehende taktil erhobene Messwerte sollen nach Analyse katalogisiert werden, um ein exaktes und realitätsnahes virtuelles Modell der knöchernen Augenhöhle des Menschen zu generieren. Ein derartiges Modell soll schnell, flexibel und individuell anpassbar sein.

Bei der Planung des ersten Arbeitsfeldes sind folgende, in den Punkten 1 bis 5 näher beschriebene Fragestellungen aufgetreten, welche im Rahmen der vorliegenden Dissertation beantwortet werden sollen.

1. Die Qualität der CT-Aufnahmetechnik spielt sowohl in der medizinischen Diagnostik als auch in der Anthropometrie eine zentrale Rolle. Die verwendeten CT-Datensätze dieser Arbeit stammen aus der klinischen Routine. Eine erneute patientenbezogene Strahlenbelastung konnte innerhalb dieser Untersuchung umgangen werden.

Ziel ist es, den Einfluss von CT-Technologien unterschiedlichen Entwicklungsstandards in der Abbildungsqualität knöcherner Strukturen zu vergleichen, um Aussagen zur optimalen Parametrisierung der Orbita mittels der Computertomographie treffen zu können.

2. Anthropometrische Studien bedienen sich verschiedener Vermessungsgrundlagen (95, 102).

In Anlehnung an die orbitalen Untersuchungen von Waitzmann et al. 1992, werden vergleichende Aussagen zur hier gewählten Vermessungsgrundlage getroffen. Vermessungsgrundlage in der Studie nach Waitzmann et al. 1992 ist ein axiales Schichtbild der Orbita mit Darstellung der Linse, dem Nervus opticus, den Cellulae ethoidales, dem M. rectus medialis und lateralis, dem Os nasale und dem höchsten Eckpunkt des Processus frontalis des Os zygomaticum.

3. In der Literatur ist eine Geschlechtsverschiedenheit im Bereich des Gesichtsschädels und der knöchernen Augenhöhle beschrieben (23, 24, 83).

Die orbitalen Messparameter werden in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Orbitaseite gegliedert und analysiert, um eine Systematik in der Charakterisierung menschlicher Orbitae, d.h. eine Katalogisierung dieser, vorzunehmen. Die Aussagen werden hinsichtlich des Gesichtswachstums mit relevanten Studien verglichen.

4. Über die CT-gestützte Parametrisierung der Orbita gibt es zahlreiche patienten- bzw. schädelpräparatbezogene Studien. Diese beinhalten unterschiedliche Ansätze in der Beschreibung einzelner orbitaler Strukturen (56, 72, 95, 102).

In dieser Untersuchung wird die knöcherne Struktur der Orbita in ihrer Gesamtheit beurteilt. Anhand zuvor festgelegter Orbitaparameter wird mit Hilfe von CT-Bildern ermittelt, welche Art und Anzahl der Messwerte zur Erstellung eines virtuellen Modells der Orbita notwendig ist.

5. Im taktilen Scanverfahren erfasste Messwerte der Orbita werden mit CT-gestützt erhobenen orbitalen Parametern auf eine mögliche Kombination und Verwendung, zur Erstellung eines parametergestützten virtuellen Modells, miteinander verglichen.

Ein derartiges Gemeinschaftsprojekt erfordert eine enge Zusammenarbeit verschiedener wissenschaftlicher Bereiche.

2. Material und Methodik

Die vorliegende Dissertation ist Bestandteil eines interdisziplinären Projektes, bestehend aus Mitarbeitern der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie „Otto Körner“, dem Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie der medizinischen Fakultät und dem Lehrstuhl für Konstruktionstechnik/CAD der Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik der Universität Rostock.

2.1. CT-Datensätze/taktiler Scanverfahren

Die Grundlage der vorgenommenen Auswertung bildeten CT-Datensätze des Institutes für Diagnostische und Interventionelle Radiologie der Universität Rostock im Zeitraum 01/1998 bis 04/2008. Diese wurden zur Erfassung möglicher Fremdkörper bzw. zur Beurteilung orbitaler oder komplexer kraniofazialer Verletzungen erstellt. Die Aufnahmen stammen von Patienten unterschiedlichen Alters.

Es wurden Bilddaten zweier CT-Technologien verwendet.

Im Beobachtungszeitraum von 01/1998 bis 03/2005 erfolgte die CT-gestützte Diagnostik an der Universität Rostock mit dem Tomoscan AVE der Firma Philips. Die orbitalen Bilddaten wurden in 1 Zeilen Spiraltechnik (SSCT) in axialer Schichtdicke von 2 mm und einer Matrix von 312 x 312 erfasst.

Neuere Bilddaten, entstanden ab 03/2005, stammten aus Untersuchungen mit dem Spiral-CT-Gerät Aquilion 32 der Firma Toshiba Computer Systeme (MSCT). Die CT-Bilddaten sind durch eine axiale Schichtdicke von 1 mm und einer Matrix von 520 x 520 gekennzeichnet.

In **Abbildung 7** ist der verwendete 32 Zeilen Scanner der Firma Toshiba dargestellt.



Abb. 7: Spiral-CT-Gerät Aquilion 32 der Firma Toshiba Computer Systeme, aus <http://www.toshiba-medical.de/produkte/ct/n-01-aquilion32.php>

Zur ergänzenden Beurteilung dienten, durch ein taktiler Untersuchungsverfahren im gleichen Zeitraum bestimmte, Messwerte mazerierter Schädelpräparate. Diese wurden im Rahmen dieses Gemeinschaftsprojektes ermittelt und zum Vergleich zur Verfügung gestellt. Die Präparate stammten aus den anatomischen Instituten der Universitäten Kiel und Greifswald und waren objektiv frei von Pathologien.

2.2. Parametrisierung der Orbitaregion

Die Auswertung der CT-Datensätze erfolgte mit dem Softwareprogramm MIMICS 8.11 - Testversion (Materialises Interactive Medical Image Control System).

In der Medizin findet es Einsatz in der Anthropometrie, Operationsplanung und Endoprothetik.

Die Software ist in der Lage axiale Schnittbilder importierter CT-Daten in coronarer und sagittaler zweidimensionaler Schnittführung darzustellen sowie dreidimensionale Bilder zu rekonstruieren (34).

Das Programm beinhaltet Funktionen und Algorithmen zur Optimierung des Kontrastes oder zur Oberflächenglättung. Diese können unter anderem die Bildqualität steuern.

Es besteht die Möglichkeit der Anlage von Horizontal-, Frontal- und Sagittalebene. Rekonstruierte dreidimensionale Bilder können geschwenkt und rotiert werden (34). Mit Hilfe der „point to point“ Messung ist eine genaue Auswertung knöcherner Strukturen möglich. Erstellte Modelle können im unterschiedlichen Dateiformat exportiert und weiterverarbeitet werden (34).

2.2.1. Streckenvermessungen und anatomische Bezugspunkte

Orbitaparameter wurden sowohl in zweidimensionaler (axialer und coronarer Schnittführung) als auch in dreidimensionaler Darstellung vermessen.

Um eine einheitliche Vermessung jeder Orbita zu gewährleisten, bildeten anatomische Bezugspunkte eine wichtige Grundlage.

Ein besonderer Bezugspunkt ist die Sutura frontozygomtica (72), welche regelmäßig in den CT-Bildern vorzufinden ist (**Abbildung 8**) (38).

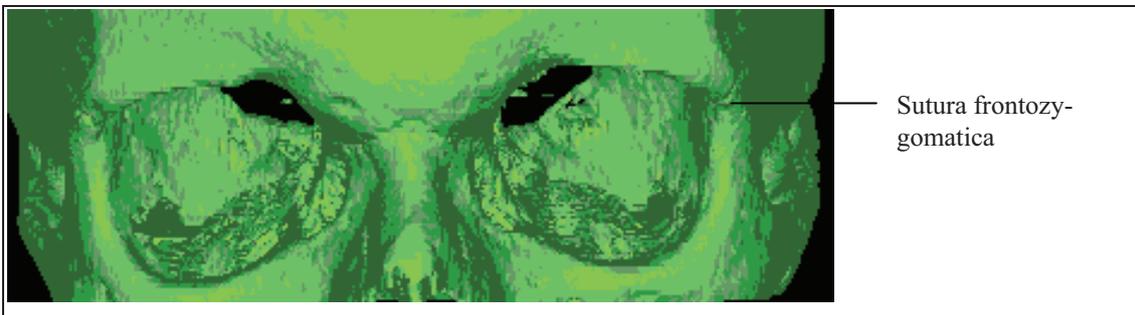


Abb. 8: Sutura frontozygomtica (dreidimensionales CT-Bild)

Ergänzend wirkten Vermessungen in Bezug auf die Körperebenen (**Tabelle 1**).

Tab. 1: Definition der Schädelmedianen, Horizontal- und Frontalebene (49)

Körperebene	Definition
Schädelmediane	Die Bezeichnung entspricht der Median bzw. Symmetrieebene. Die Schädelmediane ist durch die Aufteilung des Körpers, ausgehend vom Septum nasi, in eine rechte und linke Hälfte gekennzeichnet. Die Medianebene ist auch eine Sagittalebene.
Frontalebene	Die Frontalebene verläuft parallel zum Os frontale durch den Menschen und wurde auf Höhe der Sutura frontonasalis festgelegt.

Körperebene	Definition
Horizontalebene, auch deutsche Horizontale/Frankfurter Horizontale	Die Bezeichnung entspricht der Transversalebene. Die Horizontalebene ist durch den horizontalen Verlauf des aufrecht stehenden Körpers gekennzeichnet. Die Horizontalebene wurde auf Höhe der Mitte der oberen Begrenzung des Meatus acusticus externus und dem inferioren Orbitaeingang festgelegt. Sie schließt beide unteren Orbitsänder mit ein.

Eine ausführliche Beschreibung der insgesamt 110 orbitalen Messpunkte ist in **Tabelle 2** (siehe Anhang) zusammengefasst.

2.2.2. Definition und Abbildung ausgewählter Orbitaparameter

Voraussetzung in der CT-gestützten Parametrisierung der Orbita war eine exakte Vermessung orbitaler Strukturen. Grundlage dieser Bestimmung war das strikte Vorhandensein knöcherner Strukturen.

Folgend wird die Vermessung ausgewählter Orbitaparameter, untermauert durch entsprechende Abbildungen, näher beschrieben.

In den **Abbildungen 9** und **10** ist die Orbitabreite in der Ebene 1, als Horizontale zwischen der Sutura frontozygomatica und dem medialen Orbitarand, veranschaulicht.

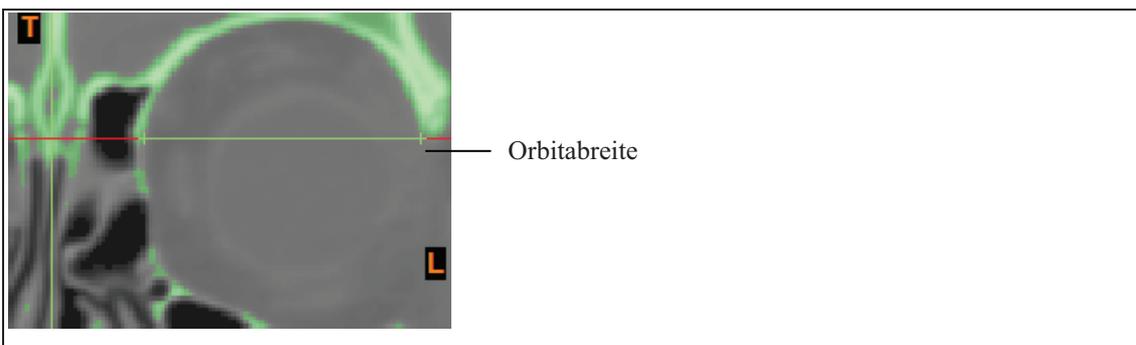


Abb. 9: Orbitabreite in der Ebene 1 (coronare Schnittführung, zweidimensionales CT-Bild)

Die Orbitatiefe wurde als Verbindung zwischen der Hälfte der Orbitabreite und dem hintersten Punkt der medialen Orbitawand der knöchernen Orbitaspitze vermessen (**Abbildung 10**).

Die **Abbildung 10** zeigt außerdem die Unterteilung der Orbitatiefe in 5 gleiche Teile. Diese entsprechen den Ebenen 1 bis 6 (Vgl. Zizelmann et al. 2004). Die erfassten Ebenen bildeten die Grundlage für weitere Vermessungen.

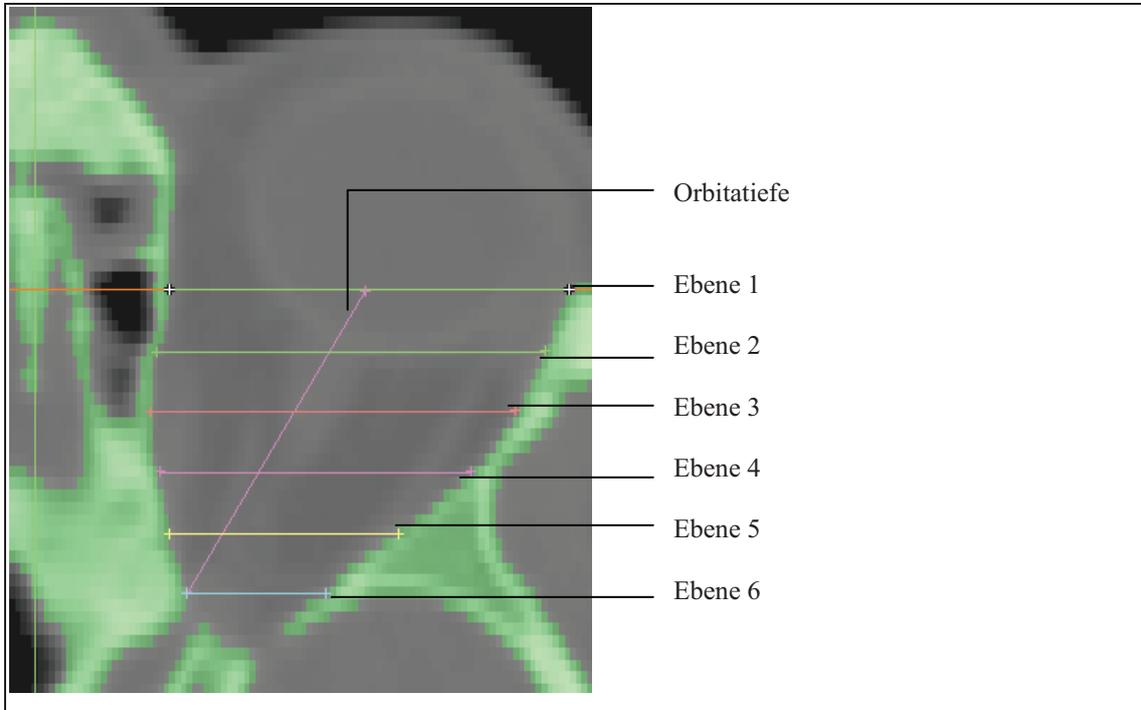


Abb. 10: Unterteilung der Orbitatiefe in 5 gleiche Teile, entsprechend den Ebene 1-6 (axiale Schnittführung, zweidimensionales CT-Bild)

In **Abbildung 11** ist die Vermessung der Orbitahöhe, als Senkrechte auf der Hälfte der Orbitabreite in der Ebene 1, veranschaulicht.

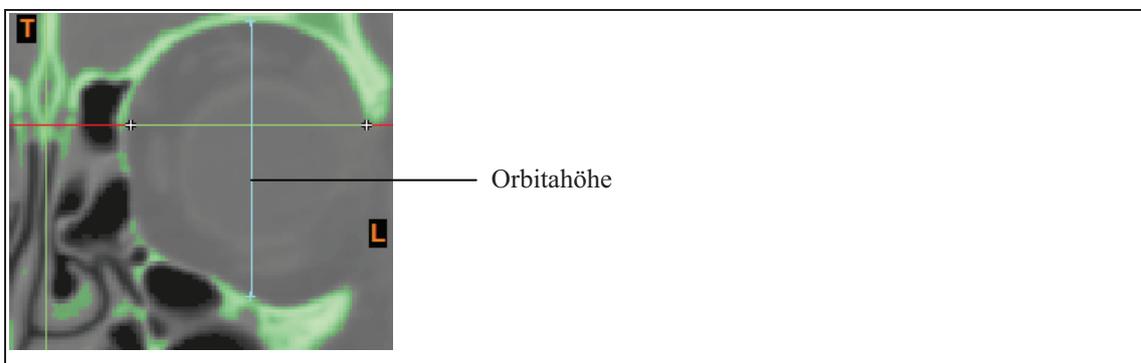


Abb. 11: Orbitahöhe in der Ebene 1 (coronare Schnittführung, zweidimensionales CT-Bild)

Die Vermessung der Canalis opticus Breite und Höhe wurde in Anlehnung an eine wissenschaftliche Studie in coronarer Schnittführung durchgeführt (**Abbildung 12**) (8). Berlis und Mitarbeiter (1992) deuten in dieser auf eine bessere Darstellung des Canalis opticus im coronaren Schichtbild hin. Breite und Höhe wurden im vorderen Anteil des Canalis opticus, dem orbitalen Anteil, bestimmt.

Die gewählten Parameter sollen die Spitze der trichter- bzw. pyramidenförmigen menschlichen Augenhöhle charakterisieren.

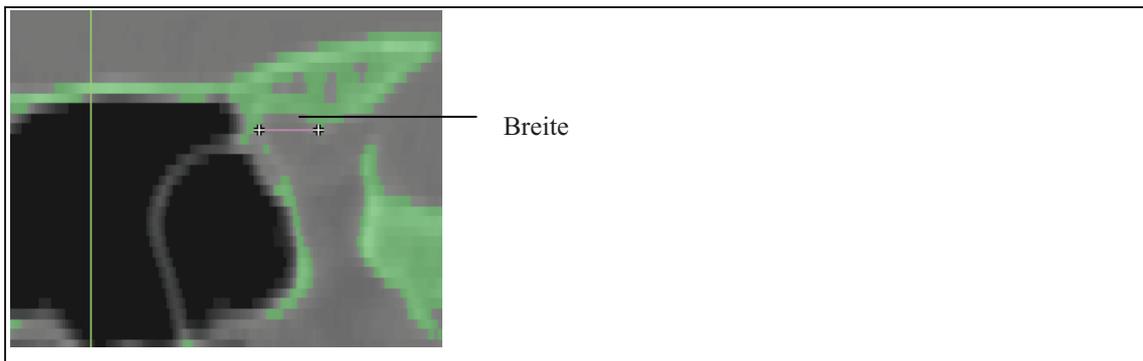


Abb. 12: Canalis opticus Breite (orbitaler Anteil), (coronare Schnittführung, zweidimensionales CT-Bild)

In dreidimensionaler Ansicht wurden die maximale Orbitabreite, -höhe und -diagonalen (im 45° und 135° Winkel) vermessen (**Abbildung 13**).

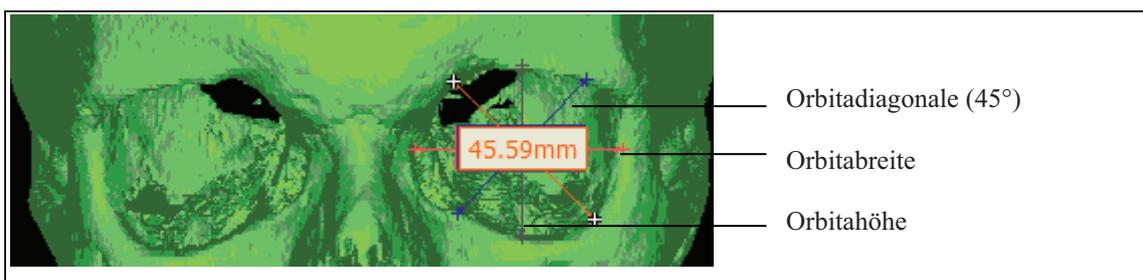


Abb. 13: Orbitabreite, -höhe und -diagonalen (dreidimensionales CT-Bild)

Zusätzlich erfolgten vergleichende Aussagen zu taktil erhobenen Messwerten (Orbitabreite, -höhe und -diagonalen). Die Definitionen der gewählten Orbitaparameter beider Messverfahren stimmten jedoch nicht exakt überein.

Anthropometrische Punkte der taktilen Untersuchung sind in **Abbildung 14** dargestellt. Die Punkte bildeten die Grundlage für spätere Streckenvermessungen.

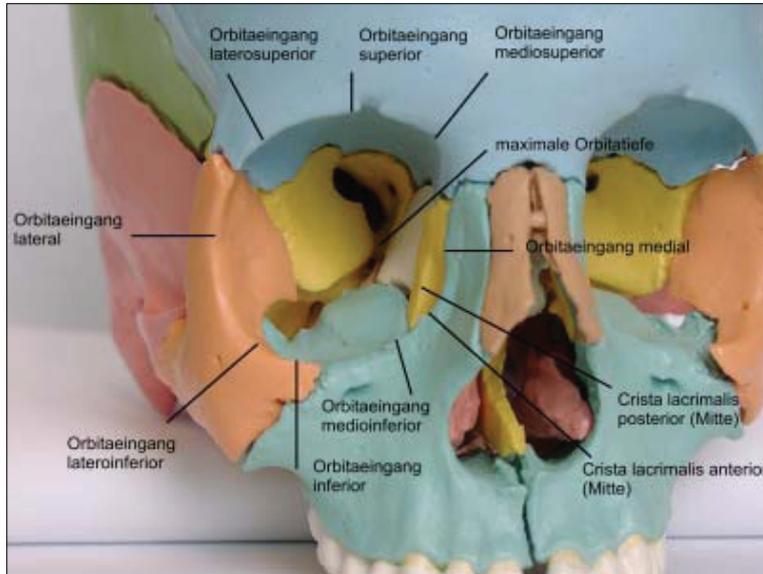


Abb. 14: Auswahl anthropometrischer Messpunkte für die taktilen Vermessungen, aus Klein, H: Generierung parametrischer Geometriemodelle aus Scandaten am Beispiel der menschlichen Orbita unter Einbeziehung anthropometrischer Betrachtungen. Dissertation, Universität Rostock, 2009

2.2.3. Weitere Vermessungsgrundlagen

Um die orbitalen CT-Bilddaten des Patientengutes wissenschaftlich vergleichen zu können, wurden diese anhand weiterer Vermessungsgrundlagen gesichtet und ausgewählt:

- standardisierte Schädellage parallel zur Schädelbasis (88)
- minimale Schichtdicke
- Normalität mindestens einer Orbita unter Ausschluss von dislozierten Frakturen, pathologischen Veränderungen oder Anomalien im Schädel- bzw. Gesichtsbereich, die die Augenhöhle beeinflussen könnten.

Voraussetzung für die Auswahl der CT-Bilder war die komplette Darstellung der knöchernen Orbita unter Einbeziehung des oberen und unteren Augenhöhlenrandes. Eine Schiefelage der Augenhöhlen zur Schädelmedianen bzw. Horizontalebene wurde nicht akzeptiert. Entsprechende CT-Bilddatensätze wurden aussortiert.

2.3. Datenerfassung und -auswertung

Die Vermessung der ausgewählten Orbitae wurde einmalig durchgeführt.

Aufgrund bekannter interindividueller Asymmetrien im Schädel- und Gesichtsbereich, begründet in genetischen- und/oder umweltbedingten Faktoren und der größeren Anzahl pathologiefreier linker Orbitae, erfolgte die CT-gestützte Parametrisierung der Orbita unter Rücksichtnahme der Augenhöhlenseite linksseitig (52, 81).

In der Literatur sind prozentuale Unterschiede im orbitalen Seitenvergleich bis zu 8% angegeben (11, 71, 84).

Die verwendeten Patienten gehören dem mitteleuropäischen Kulturkreis an. Eine ethnische, kraniofaziale Differenzierung ist literarisch verdeutlicht (3, 18, 19).

Zur Erfassung individueller und anatomischer Gegebenheiten wurden die Patienten nach Geschlecht und Alter in 6 Gruppen aufgeteilt und miteinander verglichen. Zielführend waren 6 Gruppen mit je 10 Orbitae.

In Ahnlehnung an die Studie von Pessa et al. 2003 wurde eine Gruppeneinteilung, sowohl im männlichen als auch im weiblichen Geschlecht, in 3 Altersgruppen durchgeführt:

- Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre,
- Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre,

- Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre.

Entsprechend der alters- und geschlechtsspezifischen Datenerfassung der CT-gestützten Parametrisierung der Orbita, erfolgte die Beurteilung der zu Verfügung stehenden taktill erhobenen Messwerte. Es wurden nur linksseitige Orbitae miteinander verglichen.

Die statistische Auswertung sowie die Darstellung von Diagrammen und Tabellen erfolgten mit Hilfe der Software SPSS. Messwerte in der Größenordnung, beispielsweise 0,1 sind tabellarisch als „1 angegeben.

Schwerpunkte in der statistischen Auswertung waren Häufigkeitsbestimmungen, Median- und Mittelwertbestimmungen, minimale und maximale Streckenvermessungen und deren Darstellung in tabellarischer und grafischer Übersicht, z.B.: Balken- und Fehlerbalkendiagramme.

Maßzahlen der Streuung, wie Spannweite, Standardabweichung und Variationskoeffizient, wurden zur Charakterisierung des Schwankungsbereiches einer Messreihe angewendet.

Aufgrund des kleinen Stichprobenumfanges und der Stichprobenart wurden zur Beurteilung des Signifikanzniveaus parameterfreie Tests für unabhängige Stichproben (Kruskal-Wallis-Test und Mann-Whithney-U-Test) durchgeführt.

Voraussetzung für eine statistische Auswertung der Orbitaparameter war, dass mindestens 4 CT-Bilddaten pro Altersgruppe vorlagen.

Signifikante Veränderungen werden für $p \leq 0,05$ angenommen. Für $p > 0,05$ bis $p < 0,085$ kann eine Tendenz beschrieben werden. Ein signifikanter Zusammenhang der vermessenen Parameter ist bei $p \geq 0,085$ ausgeschlossen.

In der Beurteilung statistisch erhobener Werte (ausgenommen dem Signifikanzniveau) wurden diese auf zwei Dezimalstellen hinter dem Komma gerundet.

Eine Normalverteilung der Beobachtungsreihe lag, aufgrund der geringen Anzahl, nicht vor.

3. Ergebnisse

3.1. Auswertung CT-gestützt und taktile erhobener Beobachtungsreihen

Insgesamt wurden CT-Datensätze von 224 Patienten gesichtet. Davon konnten, unter Berücksichtigung oben genannter Vermessungskriterien, 49 orbitale CT-Bilder vermessen werden.

Von den 49 ausgewählten Datensätzen wurden 9 Bilddaten mit Hilfe des Tomoscan AVE der Firma Philips entwickelt. 40 CT-Bilder stammten aus der Datenmenge des Spiral-CT-Gerätes Aquilion 32 der Firma Toshiba Computer Systeme.

Unter Berücksichtigung der Geschlechtsdifferenzierung handelte es sich um 30 Orbitae von männlichen und 19 weiblichen Patienten, entsprechend einem Verhältnis von 1,6 zu 1.

Der jüngste vermessene Patient war 17 Jahre, die älteste Patientin 89 Jahre alt.

Sowohl in der Altersgruppe 1 als auch in der Altersgruppe 2 und 3 standen je 10 Orbitae der männlichen Patienten zur Verfügung (**Abbildung 15**).

Der Altersdurchschnitt betrug in der Altersgruppe 1: 23,20 Jahre, in der Altersgruppe 2: 42,20 Jahre und in der Altersgruppe 3: 62,10 Jahre.

Da in der Altersgruppe 1 des weiblichen Geschlechts lediglich 2 Orbitae vermessen werden konnten, war eine statistische Auswertung dieser Gruppe nicht möglich.

In den Altersgruppen 2 und 3 konnten 7 bzw. 10 Augenhöhlen beurteilt werden (**Abbildung 15**). Das Durchschnittsalter betrug in der Altersgruppe 2: 41,43 Jahre und in der Altersgruppe 3: 75,90 Jahre.

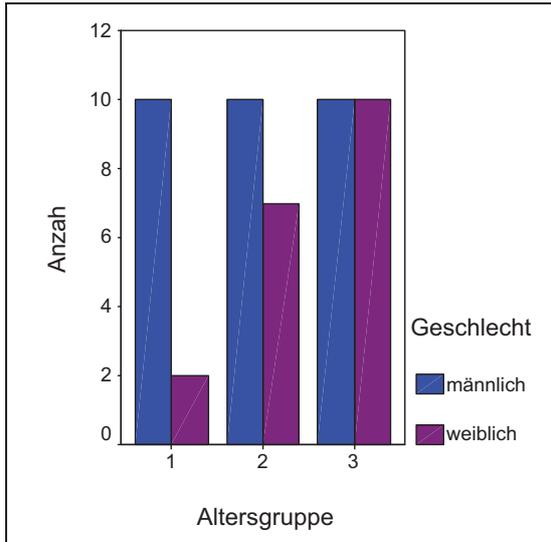


Abb. 15 : Verteilung der CT-gestützt ausgewerteten Beobachtungsreihe , in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Im taktilen Vermessungsverfahren beurteilt, standen Messdaten 39 mazerierter Schädel (24 männliche und 15 weibliche Orbitae) zur statistischen Auswertung zur Verfügung.

Ähnlich der CT-gestützt vermessenen Patienten war der jüngste mazerierte Schädel 17 und der älteste 90 Jahre alt.

In der männlichen Beobachtungsreihe waren in der Altersgruppe 1: 9, in der Altersgruppe 2: 4 und in der Altersgruppe 3: 11 Messdaten vorhanden.

Das durchschnittliche Alter betrug in den Altersgruppen 1, 2 und 3: 23,67 Jahre, 44,25 Jahre und 75 Jahre.

In den weiblichen Altersgruppen 1 und 2 wurden je 3 Orbitae vermessen. Diese waren statistisch ohne Relevanz. Mit insgesamt 9 Augenhöhlen standen die weiblichen Messwerte der Altersgruppe 3 zum Vergleich.

3.2. CT-gestützt vermessene Orbitaparameter

Hauptparameter der orbitalen Vermessung waren Tiefe, Breite, Höhe und Diagonalen. Der Canalis opticus, welcher unter anderem die Orbitaspitze mit charakterisiert, wurde näher betrachtet.

3.2.1. Verteilung und Ergebnisse der Orbitatiefenvermessung in der Ebene 1

Eine Beurteilung der Orbitatiefe konnte bei 49 Patienten erfolgen.

In der Altersgruppe 1 des männlichen Patientengutes betrug die mittlere Orbitatiefe 32,09 mm. Die mittleren Orbitatiefen unterscheiden sich in der Altersgruppe 1 und 2 minimal (**Tabelle 3** siehe Anhang). In der Altersgruppe 3 war die mittlere Orbitatiefe 34,24 mm lang. Der Median betrug 36,24 mm (**Abbildung 16**).

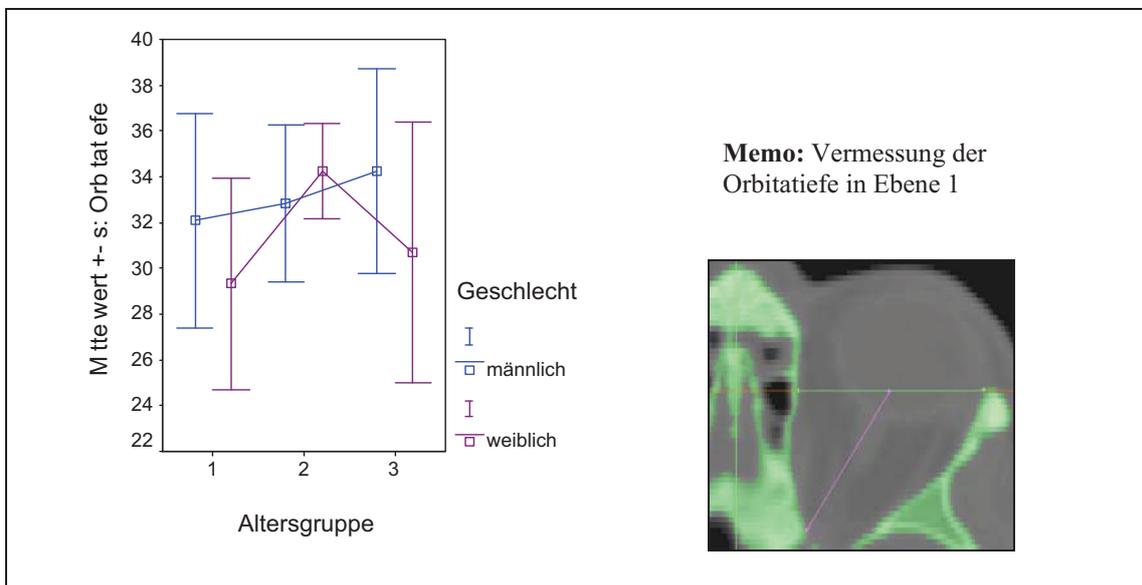


Abb. 16: Mittelwert und einfache Standardabweichung (s) der Orbitatiefenvermessung in der Ebene 1 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert; Memo zur Durchführung der Vermessung

In den Altersgruppen 2 und 3 des weiblichen Geschlechts betragen die mittleren Streckenvermessungen 34,24 mm und 30,69 mm.

Die mittleren Orbitatiefen stehen hinsichtlich des Lebensalters und der Geschlechter in keiner signifikanten Beziehung zueinander.

3.2.2. Orbitabreite

Ergänzend zur Orbitabreitenvermessung erfolgten Abstandsvermessungen in Bezug auf die Körperebenen.

3.2.2.1. Verteilung und Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung

Die Verteilung der Orbitabreite in Ebene 1 unterscheidet sich nicht von der Anzahl der Orbitatiefenvermessung in Ebene 1.

In allen Altersgruppen, ausgenommen der Altersgruppe 1 des weiblichen Geschlechts, war die Anzahl der Orbitabreitenvermessungen in der Ebene 6 $> 50\%$ (**Abbildung 17.1** siehe Anhang).

Die Anzahl der Orbitabreitenvermessung in den Ebenen 2 bis 5 der Altersgruppen 1 bis 3 beider Geschlechter (außer den Ebenen 2, 4 und 5 der Altersgruppe 3 des weiblichen Patientengutes) fiel, mit einer prozentualen Verteilung $\leq 50\%$, deutlich geringer aus.

Aufgrund der geringen Häufigkeiten der Orbitabreitenvermessungen in den Ebenen 2 und 3 aller Altersgruppen sind vergleichende Aussagen begrenzt.

Die Verteilung der Orbitabreitenbestimmung stimmt mit der Anzahl der Orbitabreitenvermessung im Abstand zu den Körperebenen überein.

In den CT-Bildern, entwickelt durch das Spiral-CT-Gerät Aquilion 32 der Firma Toshiba Computer Systeme, sind im Vergleich zum Tomoscan AVE der Firma Philips nur 2 Ebenen mit Orbitabreiten unter 50% vertreten. Insgesamt fielen die Orbitabreitenvermessungen, bestimmt in den CT-Bilddatensätzen der SSCT, mit

44,44 % geringer als die möglichen Orbitabreitenvermessungen, erfasst in der MSCT, mit 65 % (**Tabelle 4.1**).

Tab. 4.1: Orbitabreitenverteilung in Abhängigkeit zweier CT-Technologien in den Ebenen 1 bis 6

CT		Anzahl
Tomoscan	Ebene 1	9
AVE der	Ebene 2	0
Firma	Ebene 3	1
Philips	Ebene 4	3
	Ebene 5	3
	Ebene 6	8
Aquilion	Ebene 1	40
32 der	Ebene 2	18
Firma	Ebene 3	13
Toshiba	Ebene 4	21
Computer	Ebene 5	26
Systeme	Ebene 6	38

Auffallend war eine geringe Anzahl von Vermessungen in den Ebenen 2 und 3 in den CT-Bildern beider CT-Technologien, besonders in den CT-Bilddatensätzen der SSCT.

Die Mittelwerte und Medianbestimmungen in der Ebene 1 der Altersgruppen 1 bis 3 des männlichen Geschlechts unterscheiden sich minimal (**Tabelle 4.2** siehe Anhang).

In Ebene 4 ist von der Altersgruppe 1 zur Altersgruppe 3 eine Zunahme der mittleren Orbitabreite um 3,81 mm zu beschreiben. In Ebene 5 wird die mittlere Orbitabreite im Vergleich der Altersgruppen um 3,25 mm größer. Mittelwert und Median unterscheiden sich in der Altersgruppe 2 und 3 um 1,85 mm und 1,64 mm.

Die mittleren Orbitabreitenbestimmungen in der Altersgruppe 1 und 2 der Ebene 6 ähneln einander. Im Vergleich zur Altersgruppe 1 ist die mittlere Orbitabreite in der Altersgruppe 3 um 1,89 mm kürzer.

Vergleicht man Orbitabreiten in Ebene 1 der Altersgruppen 2 und 3 des weiblichen Patientengutes miteinander, ähneln sich auch diese.

In den Ebenen 4 und 5 sind zwischen den Altersgruppen 2 und 3 Größendifferenzen von 3,92 mm und 3,23 mm vorhanden (**Abbildung 17.2**).

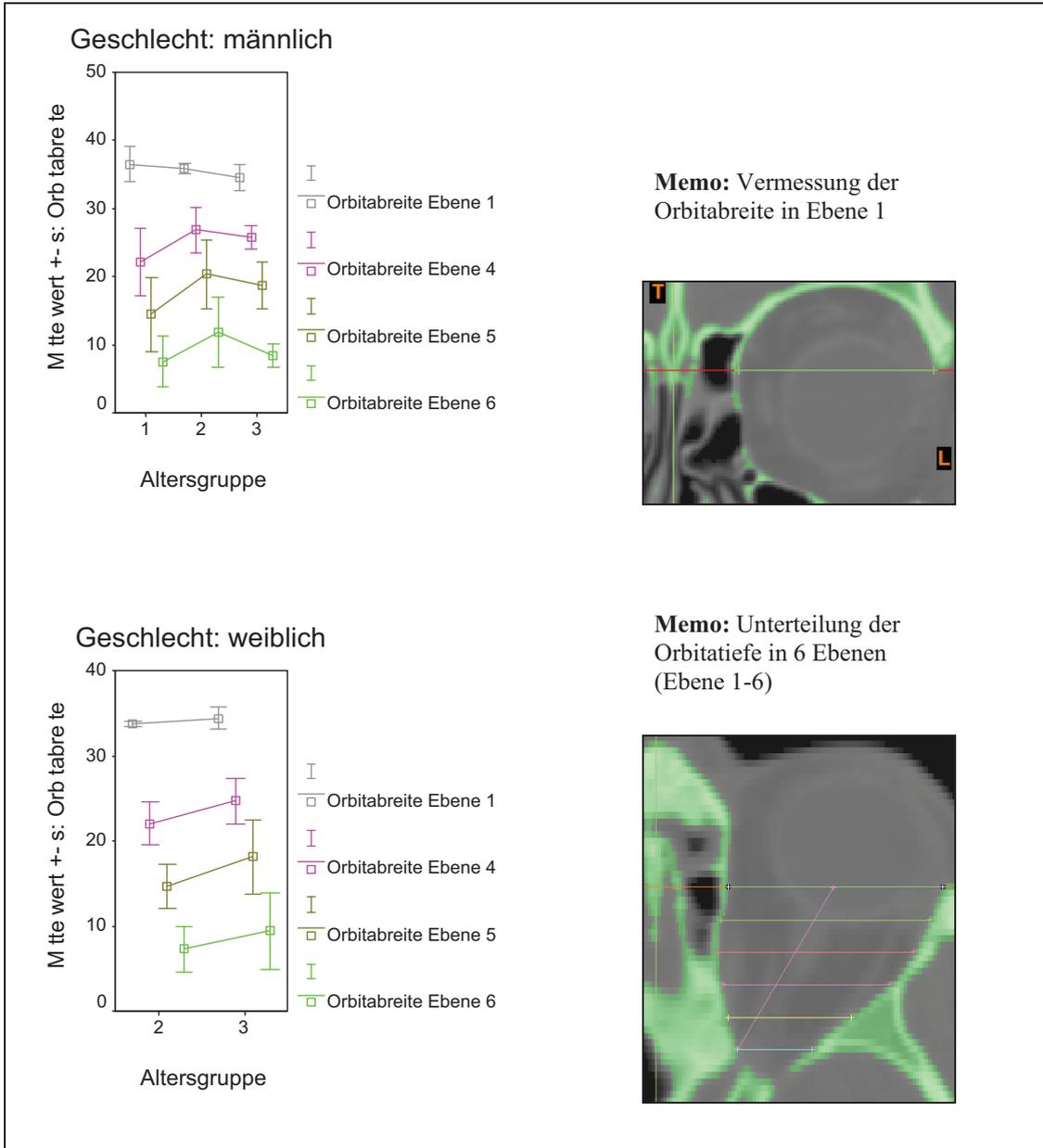


Abb. 17.2: Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitabreitenvermessung in den Ebenen 1, 4, 5 und 6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre, geschlechtsdifferenziert; Memo zur Durchführung der Vermessung

In Ebene 6 ist die mittlere Orbitabreite durch eine Größenzunahme von 1,91 mm gekennzeichnet.

In beiden Geschlechtern fanden sich in der Altersgruppe 2 der Ebenen 4 und 5 die kürzesten Orbitabreitenvermessungen. Die längsten Streckenvermessungen wurden im weiblichen Geschlecht in den Ebenen 4 und 5 der Altersgruppe 3 bestimmt.

Die Spannweiten der Orbitabreitenbestimmungen nehmen in den tieferen Ebenen zu. Die Streuung der Beobachtungswerte um den Mittelwert wird im Ebenenvergleich größer. Der Variationskoeffizient betrug in der Ebene 1 der männlichen Altersgruppe 1: 6,0 % und in der Ebene 6: 52,93 %.

Die beschriebenen Veränderungen der durchgeführten Orbitabreitenvermessungen im männlichen Patientengut in Abhängigkeit vom Lebensalter stehen in keiner signifikanten Beziehung zueinander.

Im weiblichen Patientengut sind die mittleren Orbitabreiten der Altersgruppe 2 und 3 in der Ebene 4 mit einer Stärke von $p = 0,038$ signifikant verschieden.

In Ebene 1 der Altersgruppen 2 und 3 unterscheiden sich die Streckenvermessungen hinsichtlich beider Geschlechter mit $p = 0,003$ und $p = 0,005$ signifikant.

3.2.2.2. Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung im Abstand zu den Körperebenen

Körperebene: Schädelmediane

Der kürzeste, mittlere Abstand zur Schädelmedianen in der Ebene 1 der männlichen Orbitae, veranschaulicht in der **Tabelle 4.3** (siehe Anhang) sowie in der **Abbildung 17.3**, wird mit zunehmendem Lebensalter insgesamt um 0,29 mm größer.

Dagegen verkleinert sich im Vergleich der Altersgruppen in der Ebene 4 der mittlere Abstand diskontinuierlich um 1,86 mm.

Die mittleren Orbitabreiten in der Ebene 5 verhalten sich im Vergleich ähnlich. Mittelwert und Median unterscheiden sich in Ebene 5 der Altersgruppe 1 und 2 um 2,22 mm und 1,63 mm.

In Ebene 1 des weiblichen Geschlechts nimmt der Abstand zur Schädelmedianen von Altersgruppe 2 zur Altersgruppe 3 zu. Dieser Trend wird in den Ebenen 4, 5 und 6 unterstrichen (**Abbildung 17.3**).

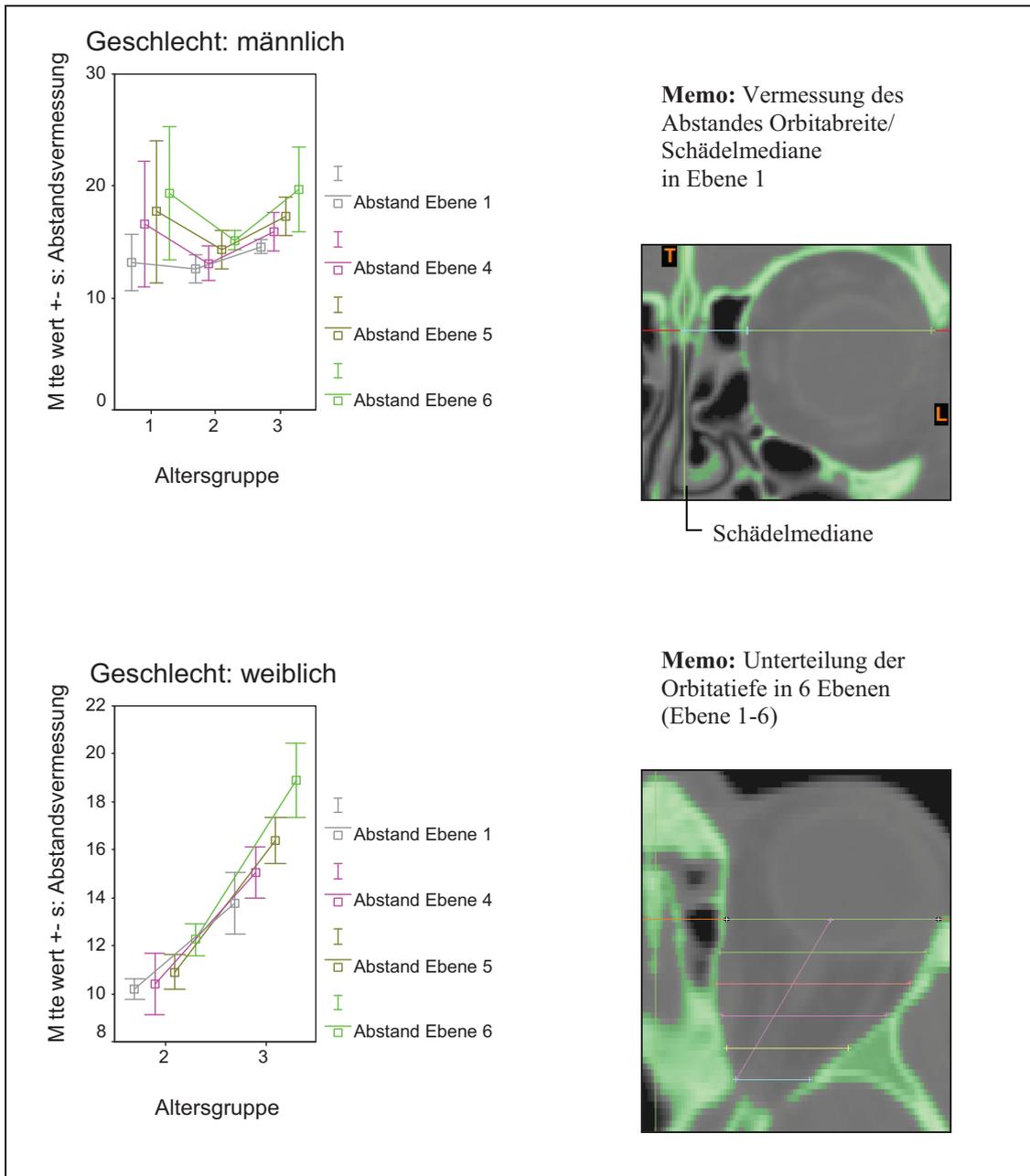


Abb. 17.3: Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitabreitenvermessung als kürzester Abstand zur Schädelmedianen in den Ebenen 1, 4, 5 und 6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert; Memo zur Durchführung der Vermessung

Mittelwert und Median unterscheiden sich in Ebene 5 der Altersgruppe 2 um 1,77 mm. In den Ebenen 4, 5 und 6 der Altersgruppe 2 wurden die kürzesten Strecken vermessen.

Im männlichen Patientengut ist kein altersspezifischer, signifikanter Unterschied vorhanden.

Im weiblichen Geschlecht stehen die zuvor beschriebenen altersabhängigen, mittleren Abstände zur Schädelmedianen in Ebene 6 mit einer Stärke von $p = 0,011$ in einem signifikanten Zusammenhang.

In Ebene 4 findet sich eine Tendenz ($p = 0,067$) in der signifikanten altersabhängigen Differenzierung.

In Ebene 6 der Altersgruppe 2 zeigt sich in der Abstandsvermessung mit einer Stärke von $p = 0,073$ eine Tendenz zur signifikanten Geschlechtsdifferenzierung.

Körperebene: Horizontalebene

Die mittleren Abstände von der Orbitabreitenvermessung zur Horizontalebene im männlichen Patientengut unterscheiden sich minimal (**Tabelle 4.4** siehe Anhang).

In den weiblichen Altersgruppen verhalten sich Mittelwert- und Medianbestimmungen ähnlich.

Altersabhängige, signifikante Unterschiede sind den Abstandsvermessungen Orbitabreite zur Horizontalebene nicht vorhanden.

In Ebene 1 der Altersgruppe 2 und 3 sind mit den Stärken von $p = 0,019$ und $p = 0,043$ signifikante, geschlechtsspezifische Unterschiede in der Abstandsvermessung nachweisbar (**Abbildung 17.4**).

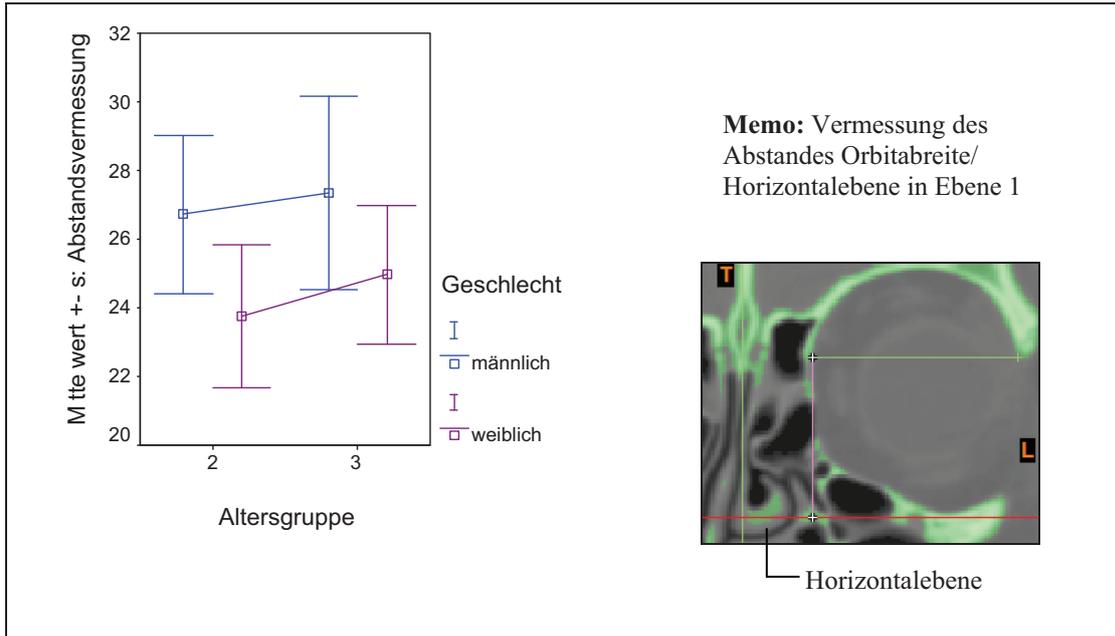


Abb. 17.4: Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitabreitenvermessung im Abstand zur Horizontalebene in Ebene 1 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert; Memo zur Durchführung der Vermessung

Körperebene: Frontalebene

In Ebene 1 des männlichen Patientengutes betrug der mittlere Abstand zur Frontalebene in Altersgruppe 1: 21,28 mm, Altersgruppe 2: 20,78 mm und Altersgruppe 3: 18,51 mm (**Abbildung 17.5, Tabelle 4.5** siehe Anhang).

In den Ebenen 4 bis 6 sind im Vergleich der Altersgruppen 1 und 3 mittlere Abstandsverkleinerungen von 6,31 mm, 4,67 mm und 0,05 mm (teilweise diskontinuierlich) vorhanden.

Von Altersgruppe 2 zur Altersgruppe 3 verkürzen sich die mittleren Abstände im weiblichen Geschlecht in Ebene 1 um 5,79 mm, in Ebene 4 um 8,18 mm, in Ebene 5 um 5,40 mm und in Ebene 6 um 7,43 mm (**Abbildung 17.5**).

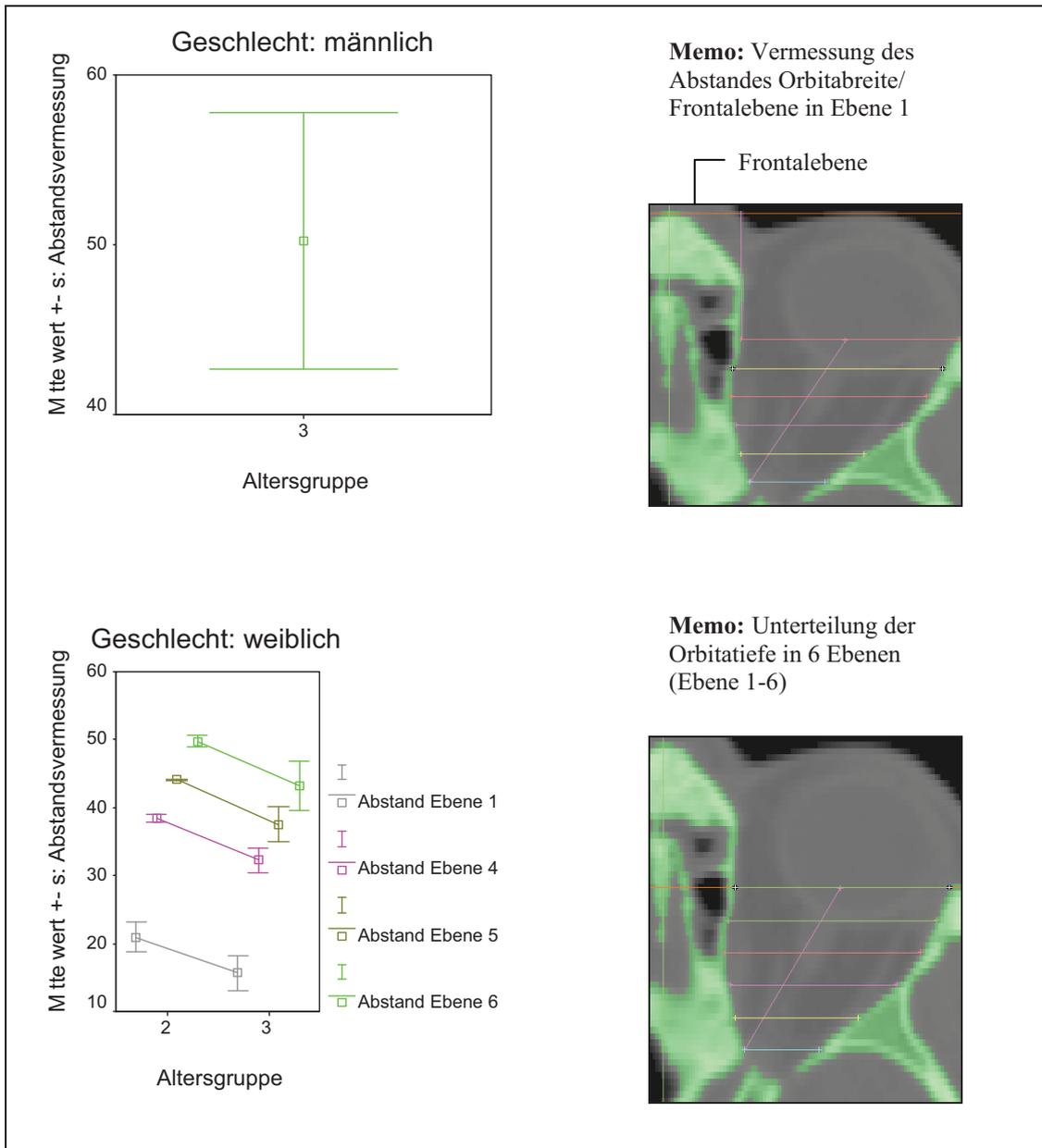


Abb. 17.5: Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitabreitenvermessung im Abstand zur Frontalebene in den Ebenen 1, 4, 5 und 6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert; Memo zur Durchführung der Vermessung

Sowohl im männlichen als auch im weiblichen Geschlecht wurden die kürzesten Strecken in den Ebenen 1, 4, 5 und 6 der Altersgruppe 3 vermessen.

Die orbitalen Vermessungen im männlichen Patientengut unterscheiden sich in Abhängigkeit vom Lebensalter nicht signifikant.

Werden die Veränderungen der Altersgruppen 2 und 3 des weiblichen Patientengutes verglichen, lassen sich folgende Stärken signifikanter Unterschiede tabellarisch darstellen (**Tabelle 4.6**).

Tab. 4.6: Signifikanzen für das weibliche Geschlecht (Altersgruppe 2/3)

Geschlecht		Abstand Ebene 1	Abstand Ebene 4	Abstand Ebene 5	Abstand Ebene 6
weiblich	Signifikanz	,005	,010	,011	,003

In der Ebene 6 der Altersgruppe 3 ist mit einer Stärke von $p = 0,068$ von einem Trend in der Geschlechtsdifferenzierung auszugehen. In 3 von 8 Abstandsbestimmungen sind die männlichen Mittelwert größer.

3.2.3. Orbitahöhe

Die Orbitahöhe und -diagonalen stimmen in ihren Abstandsvermessungen zur Frontalebene, aufgrund des zweidimensionalen Messprotokolls, mit den Ergebnissen der Abstandsvermessung Orbitabreite/Frontalebene überein.

3.2.3.1. Verteilung und Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung

Die Orbitahöhenverteilung (**Abbildung 18.1** siehe Anhang) unterscheidet sich von den zuvor beschriebenen Häufigkeiten der Orbitatiefen und -breiten.

Statistisch relevante Vermessungen waren im männlichen Geschlecht in den Ebenen 1, 5 (nur Altersgruppe 3) und 6 vorzufinden.

Die Ebenen 2 bis 5 aller 3 männlichen Altersgruppen waren mit einer prozentualen Häufigkeit $\leq 40\%$ vertreten.

In den Altersgruppen 2 und 3 des weiblichen Geschlechts lassen sich die Ebenen 4 bis 6 miteinander vergleichen.

Die Ebenen 5 und 6 der weiblichen Altersgruppe 3 waren als einzige mit einer prozentualen Häufigkeit von $\geq 50\%$ vertreten.

Insgesamt konnten 12 von 54 (22,22 %) CT-Bilddaten des Tomoscan AVE der Firma Philips und 98 von 240 (40,83 %) CT-Bilder des 32 Zeilen Scanner der Firma Toshiba bezüglich der Orbitahöhe ausgewertet werden (**Tabelle 5.1**).

Tab. 5.1: Orbitahöhenverteilung in Abhängigkeit zweier CT-Technologien in den Ebenen 1 bis 6

CT	Anzahl
Tomoscan Ebene 1	4
AVE der Ebene 2	0
Firma Ebene 3	1
Philips Ebene 4	1
Ebene 5	1
Ebene 6	5
Aquilion Ebene 1	21
32 der Ebene 2	11
Firma Ebene 3	6
Toshiba Ebene 4	13
Computer Ebene 5	18
Systeme Ebene 6	29

Werden die männlichen, mittleren Orbitahöhen der Altersgruppe 1 und 2 in Ebene 1 miteinander verglichen, so ist eine Abnahme der orbitalen Höhe um 1,58 mm zu beschreiben. Die Altersgruppen 2 und 3 unterscheiden sich durch eine Orbitahöhenzunahme von 2,34 mm voneinander (**Tabelle 5.2** siehe Anhang).

In der Ebene 6 ist der Verlauf der Orbitahöhenentwicklung, veranschaulicht in der **Abbildung 18.2**, ähnlich.

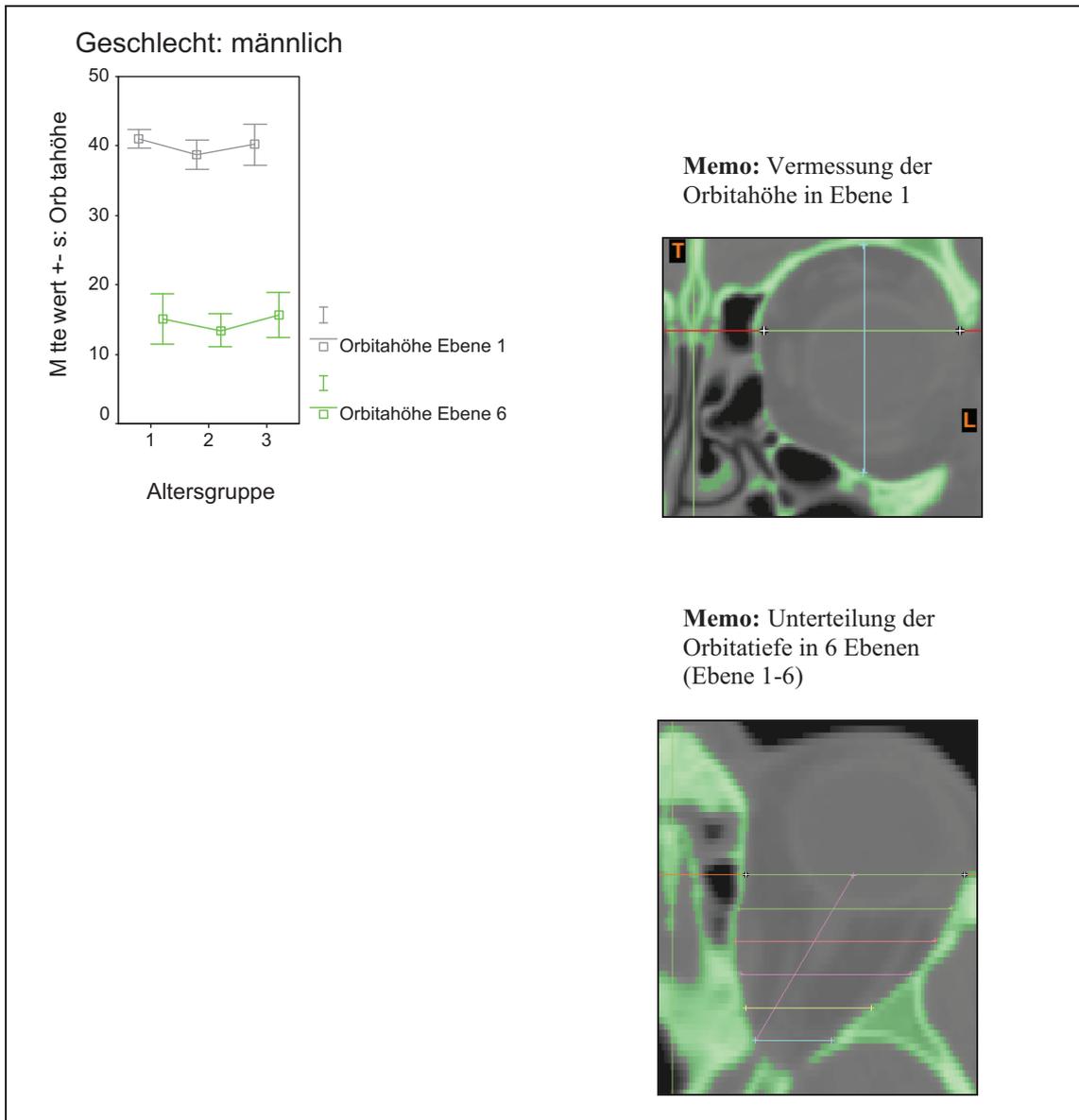


Abb. 18.2: Mittelwerte und eine Standardabweichungen (s) der Orbitahöhenvermessung in den Ebenen 1 und 6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert: männlich; Memo zur Durchführung der Vermessung

In den Ebenen 4, 5 und 6 des weiblichen Patientengutes bestehen im Vergleich Altersgruppe 2 und 3 folgende Zunahmen der mittleren Orbitahöhen: Ebene 4 mit 6,33 mm, Ebene 5 mit 4,02 mm und Ebene 6 mit 0,5 mm.

Die kürzesten Strecken wurde in Altersgruppe 1 in der Ebene 6 des männlichen Geschlechts sowie in Altersgruppe 2 in den Ebenen 4, 5 und 6 des weiblichen

Geschlechts vermessen. Die längsten Ausdehnungen fanden sich in der Altersgruppe 3 in den Ebenen 1 und 6 der männlichen und in den Ebenen 4 und 5 der weiblichen Orbitae.

In Anlehnung der Ergebnisse Orbitabreitenvermessung werden die Variationskoeffizienten in den tieferen Ebenen größer. Der Variationskoeffizient der männlichen Altersgruppe 1 in der Ebene 1 war 5,73 %, in der Ebene 6: 22,76 %.

Im männlichen Geschlecht stehen die Streckenvermessungen in Abhängigkeit des Alters in keinem signifikanten Zusammenhang zueinander.

Die zuvor beschriebenen Orbitahöhen im weiblichen Geschlecht in Ebene 4 sind mit einer Stärke von $p = 0,029$ signifikant verschieden.

Eine signifikante Geschlechtsdifferenzierung ist nicht vorhanden.

3.2.3.2. Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung im Abstand zu den Körperebenen

Körperebene: Schädelmedianen

Der mittlere Abstand der Orbitahöhe zur Schädelmedianen betrug in der Ebene 1 der männlichen Altersgruppe 1: 28,58 mm, der Median 30,10 mm (**Tabelle 5.3.** siehe Anhang). Im Vergleich der Altersgruppen liegt eine Zunahme des mittleren Abstandes zur Schädelmedianen von 3,15 mm von Altersgruppe 1 zur Altersgruppe 3 vor. Der kürzeste Abstand zur Schädelmedianen wurde in der Altersgruppe 1 gemessen.

Die mittleren Abstände zu Schädelmedianen in der Ebene 6 verhalten sich im Trend ähnlich mit kürzestem Abstand zur Schädelmedianen in der Altersgruppe 1.

Die mittleren Abstandsvermessungen der weiblichen Patienten werden im Vergleich der Altersgruppen 2 und 3 in den Ebenen 4, 5 und 6 um 5,53 mm, 6,67 mm und 5,17 mm größer. Die kürzesten Vermessungen der Ebenen fanden sich in der Altersgruppe 2. Die weitesten Abstände in der Altersgruppe 3 (**Abbildung 18.3**).

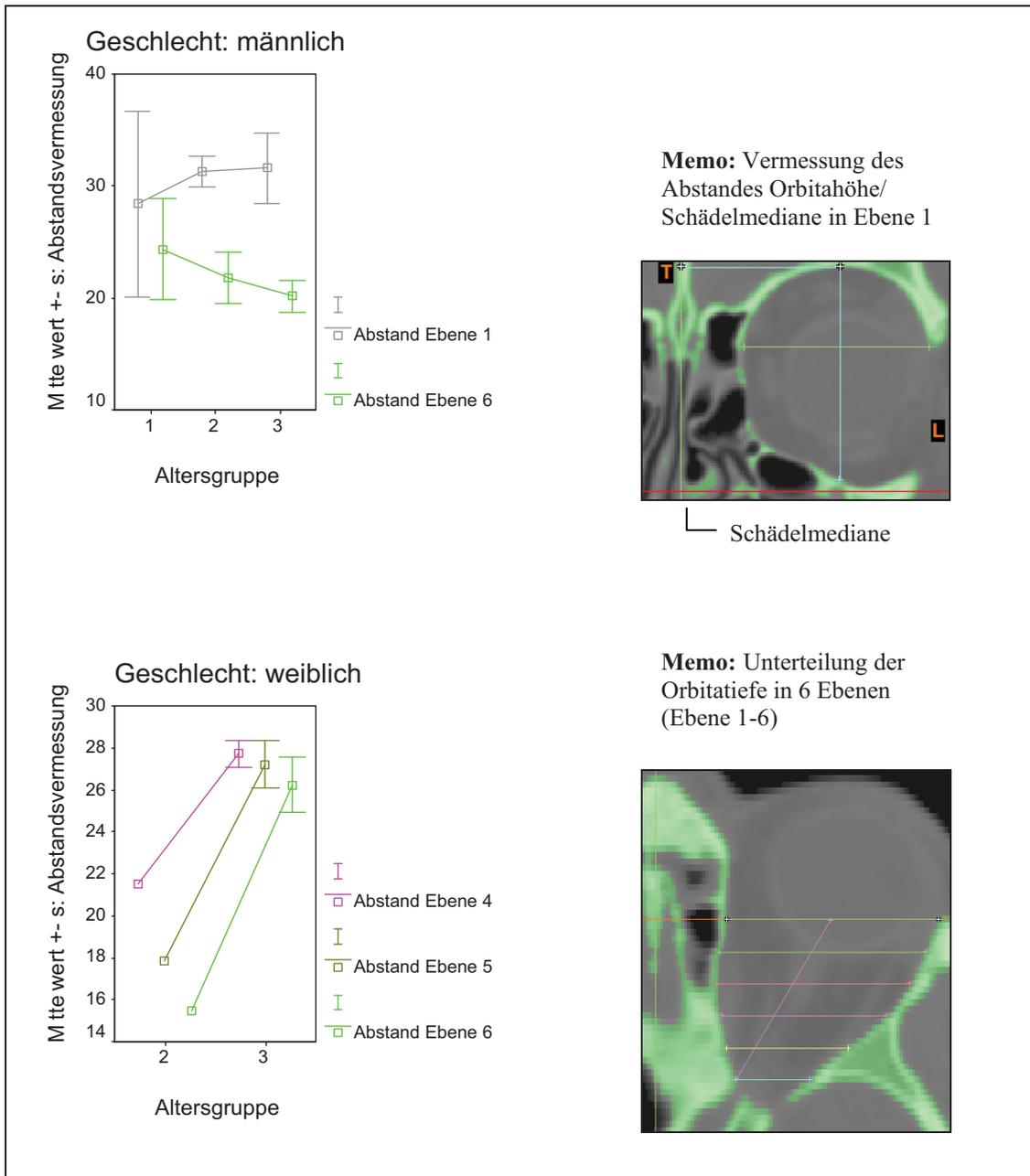


Abb. 18.3: Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitahöhenvermessung im Abstand zur Schädelmedianen in den Ebenen 1, 4, 5 und 6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert; Memo zur Durchführung der Vermessung

Es lässt sich kein signifikanter Unterschied in der altersabhängigen Abstandsvermessung zur Schädelmedianen im männlichen Geschlecht nachweisen.

Innerhalb der weiblichen Beobachtungsreihe kann von einem signifikanten Zuwachs des Abstandes Orbitahöhe zur Schädelmedianen in den Ebenen 4, 5 und 6 mit Stärken von $p = 0,029$, $p = 0,032$ und $p = 0,048$ ausgegangen werden.

Die Abstandsvermessungen beider Geschlechter unterscheiden sich nicht signifikant.

Körperebene Horizontalebene

Die in **Tabelle 5.4** (siehe Anhang) dargestellten Vermessungen als kürzester Abstand von der Orbitahöhe zur Horizontalebene in Ebene 1 nehmen von Altersgruppe 1 zu 3 diskontinuierlich zu: Altersgruppe 1: 1,77 mm, Altersgruppe 2: 3,64 mm und Altersgruppe 3: 2,52 mm.

In der Ebene 6 wurden folgende mittlere Abstände gemessen Altersgruppe 1: 20,17 mm, Altersgruppe 2: 18,80 mm und Altersgruppe 3: 15,14 mm. Die längste Abstandsvermessung in Ebene 6 befand sich in der Altersgruppe 1, die kürzeste in der Altersgruppe 3.

In den Ebenen 4, 5 und 6 der weiblichen Orbitae wurden die mittleren Abstände zur Horizontalebene kleiner (**Abbildungen 18.4**). Die längsten Abstände der Ebenen 4 und 5 befanden sich in der Altersgruppe 2, die kürzesten der Ebenen 4, 5 und 6 in Altersgruppe 3.

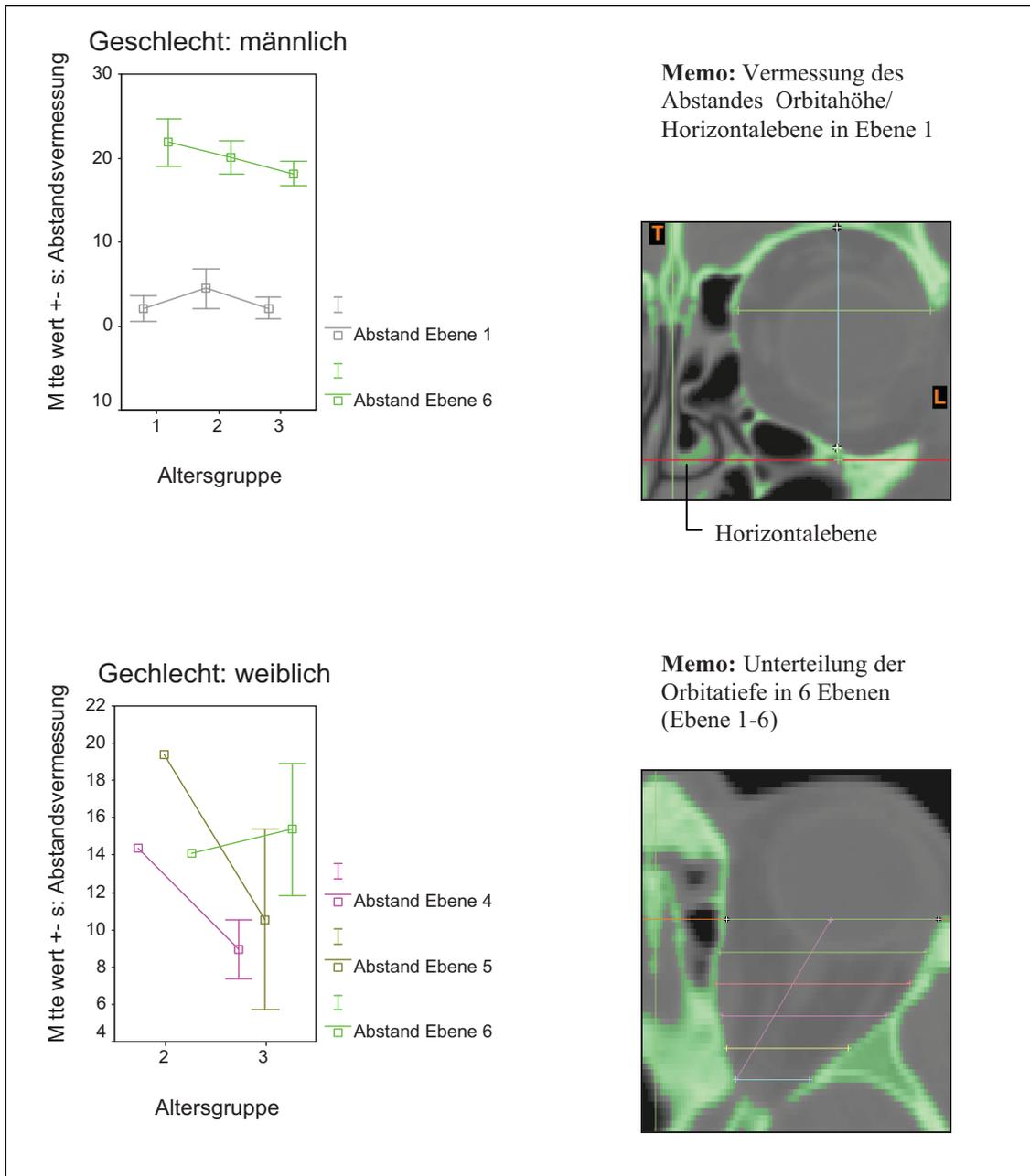


Abb. 18.4: Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitahöhenvermessung im kürzesten Abstand zur Horizontalebene in den Ebenen 1, 4, 5 und 6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert; Memo zur Durchführung der Vermessung

Mit einer Stärke von $p = 0,073$, sowohl im Vergleich Altersgruppe 1/3 als auch Altersgruppe 2/3, werden in Ebene 6 der männlichen Orbitae Tendenzen in der signifikanten Differenzierung aufgezeigt.

Auch die orbitalen Abstandsvermessungen in Ebene 4 der weiblichen Patienten zeigen mit einer Stärke von $p = 0,029$ einen signifikanten, altersabhängigen Unterschied an.

Geschlechtsabhängige Veränderungen können statistisch nicht verallgemeinert werden.

3.2.4. Orbitadiagonalen

Die Winkelbestimmungen 30° , 60° , 120° und 150° waren Ausgangspunkte für die orbitalen Diagonalenvermessungen.

3.2.4.1. Verteilung und Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung

In den CT-Bilddaten, entwickelt durch den Tomoscan AVE der Firma Phillips, konnten von 216 möglichen Diagonalenvermessungen ein prozentualer Anteil von 23,61 % durchgeführt werden. In den CT-Bilddaten, generiert durch den 32 Zeilen Scanner der Firma Toshiba, stehen im Vergleich 13,99 % mehr Diagonalen zur Auswertung zur Verfügung. In der Ebene 6 konnten die meisten Diagonalen bestimmt werden (**Tabelle 6.1** siehe Anhang).

Orbitadiagonalenvermessung 30°

Im männlichen Geschlecht konnten in den Ebenen 1 und 6 der 3 Altersgruppen Streckenvermessungen $\geq 50\%$ durchgeführt werden. Die Ebenen 2 bis 5 waren durch eine geringere Prozentzahl ($\leq 40\%$) gekennzeichnet.

Im weiblichen Patientengut waren die Vermessungen in den Ebenen 1 und 6 der Altersgruppen 2 und 3 mit einem Prozentsatz $\leq 40\%$ vertreten (**Abbildung 19.1** siehe Anhang).

Die **Tabelle 6.2** (siehe Anhang) und die **Abbildung 19.2** bilden in der Ebene 1 des männlichen Patientengutes eine kontinuierliche Abnahme der mittleren Diagonalen von Altersgruppe 1 zu Altersgruppe 3 ab, in Ebene 6 ist eine kontinuierliche Streckenzunahme ersichtlich.

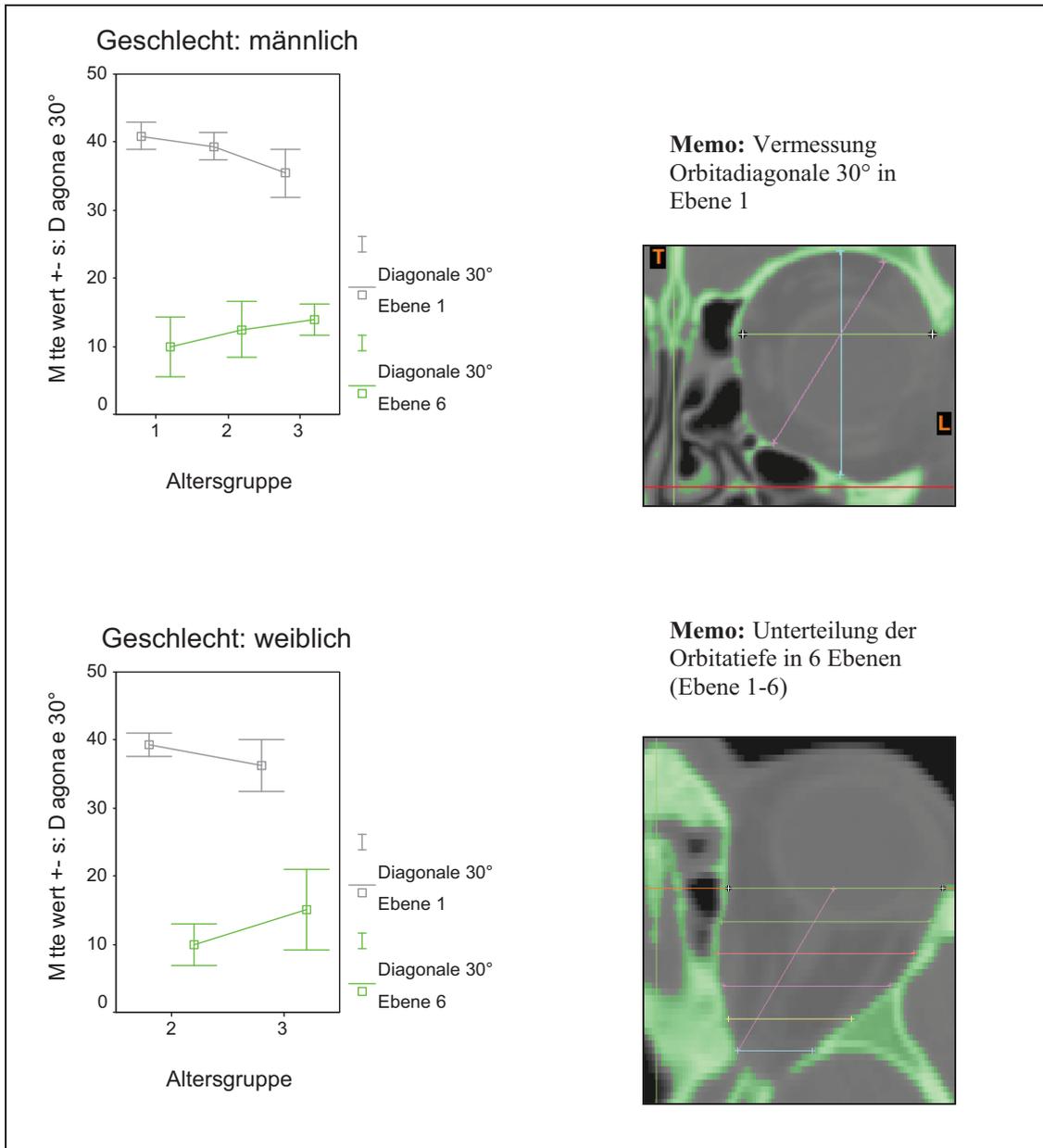


Abb. 19.2: Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitadiagonalenvermessung 30° in den Ebenen 1 und 6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert; Memo zur Durchführung der Vermessung

In Ebene 6 wurde die kürzeste Strecke in Altersgruppe 1 gemessen, die längste in Altersgruppe 3.

Im weiblichen Geschlecht beträgt die Differenz von Altersgruppe 2 zu 3 in Ebene 1: 1,37 mm. Median und Mittelwert unterscheiden sich in Altersgruppe 3 um 1,95 mm.

In Ebene 6 wurde eine mittlere Diagonalenvergrößerung (Altersgruppe 1/3) von 4,76 mm berechnet (**Abbildung 19.2** siehe oben).

Signifikante Unterschiede können im männlichen Geschlecht bezüglich des altersabhängigen Orbitawachstums nicht nachgewiesen werden.

Im weiblichen Geschlecht ist die altersabhängige Differenzierung in der Ebene 6 mit einer Stärke von $p = 0,048$ signifikant.

Eine Geschlechtsdifferenzierung ist in dieser Messreihe nicht vorhanden. Die Diagonalen in der männlichen Beobachtungsreihe waren im Allgemeinen größer.

Orbitadiagonalenvermessung 60°

In der im Anhang dargestellten **Abbildung 19.3** ist die Verteilungen der Diagonalenvermessung 60°, aufgeteilt in 3 Altersgruppen, geschlechtsspezifisch dargestellt.

In Ebene 6 des männlichen Patientengutes wurden folgende mittlere Strecken bestimmt: Altersgruppe 1: 7,55 mm, Altersgruppe 2: 8,36 mm, Altersgruppe 3: 8,10 mm.

Werden die mittleren Diagonalen der Altersgruppe 2 und 3 der weiblichen Patienten in Ebene 6 miteinander verglichen, ist eine Größenzunahme von 1,34 mm zu beschreiben.

In Altersgruppe 2 und 3 sind Differenzen zwischen Mittelwert und Median von 2,16 mm und 1,72 mm vorhanden (**Tabelle 6.3** siehe Anhang).

Die statistisch relevanten Mittelwerte stehen bezüglich einer alters- bzw. geschlechtsabhängigen Differenzierung in keinem signifikanten Zusammenhang.

Orbitadiagonalenvermessung 120°

Im Vergleich zur 30° und 60° Diagonalenvermessung ist die Anzahl der möglichen Vermessungen im 120° Winkel in Ebene 1 geringer. In anderen Ebenen, beispielsweise Ebene 5, größer (**Abbildung 19.4** siehe Anhang).

Im männlichen Geschlecht verkleinert sich die mittlere Diagonale der Ebene 5 von Altersgruppe 2 zu Altersgruppe 3 um 1,23 mm (**Tabelle 6.4** siehe Anhang).

Auch die mittleren Diagonalen der 3 Altersgruppen in Ebene 6 unterscheiden sich geringfügig.

Mittelwert Veränderungen im weiblichen Geschlecht in den Ebenen 5 und 6 waren gering.

Orbitadiagonalenvermessung 150°

Die Häufigkeiten der Diagonalenvermessung im 150° Winkel ähneln der Verteilung der Diagonalen im 120° Winkel (**Abbildung 19.5** siehe Anhang).

Die Ebenen 1 bis 5 waren größtenteils mit einer prozentualen Häufigkeit $\leq 50\%$ vertreten. Ausnahmen bildeten die Ebene 1 der Altersgruppe 3 des männlichen Patientengutes mit 6 Orbitae und die Ebenen 2, 4 und 5 der Altersgruppe 3 des weiblichen Geschlechts mit 5, 5 und 7 möglichen Diagonalenvermessungen.

In der Ebene 6 der männlichen Patienten findet mit Zunahme der Lebensjahre eine kontinuierliche Verkleinerung der Streckenvermessungen von 16,33 mm auf 12,67 mm statt (**Tabelle 6.5** siehe Anhang).

Im weiblichen Patientengut wurden in der Altersgruppe 3, sowohl in Ebene 5 als auch 6, minimal längere Streckenvermessungen als in der Altersgruppe 2.

Die zuvor beschriebenen Streckenvermessungen im 120° und 150° Winkel für verschiedene Altersgruppen und beide Geschlechter stehen in keiner Beziehung zueinander.

3.2.4.2. Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung in der Ebene 1 im Abstand zu den Körperebenen

Eine Auswertung der Abstandsvermessungen zu den Körperebenen war, resultierend aus der Diagonalenverteilung in der Ebene 1, in den Vermessungen im 30°, 60°, 210° und 240° Winkel möglich.

Körperebene: Schädelmediane

Der mittlere Abstand zur Schädelmedianen vom 30° Punkt und vom 210° Punkt nimmt im männlichen Geschlecht im Vergleich der Altersgruppen 1 zu 3 kontinuierlich ab.

Die mittleren Abstandsvermessungen vom 60° Punkt der Altersgruppen 1 bis 3 ähneln einander. Vergleicht man die Altersgruppen im 240° Punkt werden die mittleren Abstände diskontinuierlich kleiner (**Tabelle 6.6** siehe Anhang).

Im weiblichen Geschlecht betrug der mittlere Abstand zur Schädelmedianen in der Diagonalenvermessung im 30° Punkt in Altersgruppe 2: 32,35 mm und in Altersgruppe 3: 37,5 mm. Im 210° Punkt wurde der Abstand zur Schädelmedianen kleiner (**Tabelle 6.6** siehe Anhang).

Körperebene: Horizontalebene

Für den mittleren Abstand vom 30° Punkt wurden folgende Mittelwerte im männlichen Geschlecht bestimmt: Altersgruppe 1: 40,70 mm, Altersgruppe 2: 41,04 mm und Altersgruppe 3: 40,02 mm (Median 38,29 mm).

Die mittleren Abstände von den 60°, 210° und 240° Punkten zur Horizontalebene, dargestellt in **Tabelle 6.7** (siehe Anhang), nehmen im Vergleich der Altersgruppen kontinuierlich zu.

Der mittlere Abstand in der 30° und 210° Abstandsvermessung nimmt im weiblichen Geschlecht von Altersgruppe 2 zu 3 zu (**Tabelle 6.7** siehe Anhang).

Statistisch stehen die beschriebenen Mittelwert Veränderungen im Abstand zur Schädelmedianen und Horizontalebene in Abhängigkeit vom Lebensalter in keiner signifikanten Beziehung zueinander

Die Bestimmungen unterscheiden sich bezüglich des Geschlechts in den Vermessungen vom 30° Punkt zur Schädelmedianen und Horizontalebene in Altersgruppe 2, mit einer Stärke von $p = 0,016$ und $p = 0,028$ signifikant (**Abbildung 19.6**).

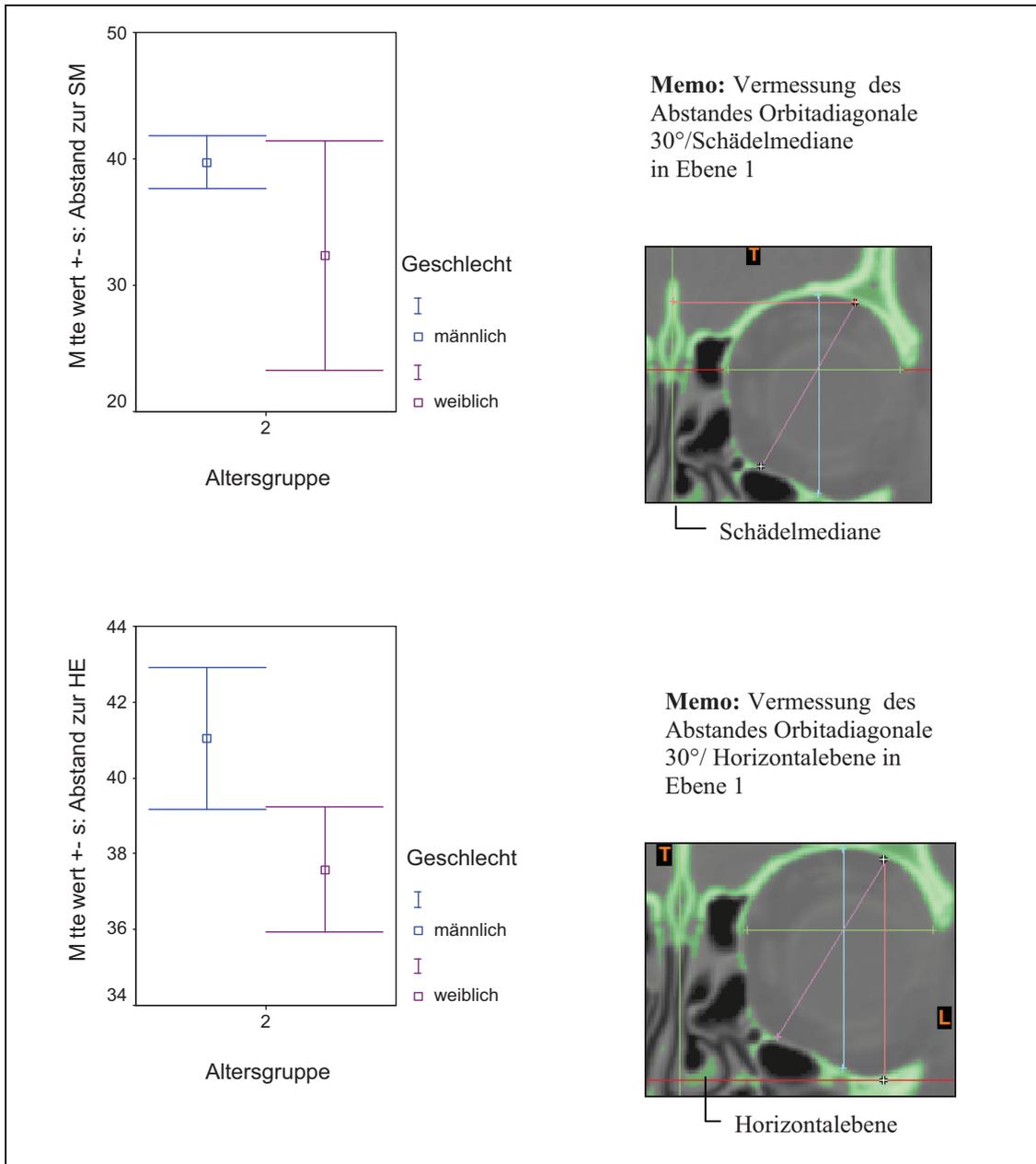


Abb. 19.6: Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Abstandsvermessung zur Schädelmedianen (SM) und Horizontalebene (HE) der Orbitadiagonalenvermessung im 30° Punkt in der Ebene 1 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre), geschlechtsdifferenziert; Memo zur Durchführung der Vermessung

3.2.5. Verteilung und Ergebnisse der Canalis opticus (orbitaler Anteil) Breiten- und Höhenvermessung

Abstandsvermessungen in Abhängigkeit zu den Körperebenen wurden sowohl für die Breiten- als auch für die Höhenvermessung durchgeführt.

Canalis opticus (orbitaler Anteil) Breite

Insgesamt konnten 17 der 30 männlichen Orbitae bezüglich der Breite ausgewertet werden.

Im weiblichen Patientengut konnten 13 von 19 Orbitae vermessen werden.

In **Tabelle 7.1** ist die Verteilung der Breitenvermessung in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht der Orbitae dargestellt.

Tab. 7.1: Verteilung der Breitenvermessung (orbitaler Anteil des Canalis opticus), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre, geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht	Canalis opticus Breite	Anzahl
1	männlich	Canalis opticus Breite	5
	weiblich	Canalis opticus Breite	2
2	männlich	Canalis opticus Breite	7
	weiblich	Canalis opticus Breite	5
3	männlich	Canalis opticus Breite	5
	weiblich	Canalis opticus Breite	6

Die Häufigkeiten der Abstandsvermessungen zu den 3 Körperebenen stimmen mit der Anzahl der Breitenvermessungen überein.

Die prozentuale Verteilung der Breitenbestimmung in den CT-Bilddaten entwickelt durch den Tomoscan AVE der Firma Philips und den 32 Zeilen Scanner der Firma Toshiba unterscheidet sich mit 66,67 % und 60 % nur geringfügig (**Tabelle 7.2**).

Tab. 7.2: Verteilung der Breitenvermessung (orbitaler Anteil des Canalis opticus) in Abhängigkeit zweier CT-Technologien

CT		Anzahl
Tomoscan AVE der Firma Philips	Breite	6
Aquilion 32 der Firma Tohiba Computer Systeme	Breite	24

In den Altersgruppen 1, 2 und 3 des männlichen Geschlechts wurden folgende mittlere Breiten bestimmt: 4,56 mm, 5,77 mm und 6,25 mm. Die kürzeste Ausdehnung wurde in Altersgruppe 1, die längste Ausdehnung in Altersgruppe 3 gemessen.

Mit einer mittleren Breite von 4,67 mm in Altersgruppe 2 und einer mittleren Ausdehnung von 5,61 mm in Altersgruppe 3 in der weiblichen Beobachtungsreihe ähneln sich die Streckenvermessungen beider Geschlechter. Im weiblichen Geschlecht fand sich die kürzeste Breite in der Altersgruppe 2, die längste in Altersgruppe 3 (**Tabelle 7.3** siehe Anhang/ **Abbildung 20**).

In der männlichen Beobachtungsreihe kann in der Bestimmung der Breite zwischen den Altersgruppen 1 und 3 mit einer Stärke von $p = 0,056$ ein Trend in der signifikanten Differenzierung beschrieben werden. Mit $p = 0,052$ gibt es im weiblichen Geschlecht zwischen den Altersgruppen 2 und 3 eine Tendenz in der altersabhängigen Unterscheidung.

Unter Ausschluss der weiblichen Altersgruppe 1 stehen die mittleren Breitenbestimmungen des Canalis opticus hinsichtlich der Geschlechtsverschiedenheit in keiner signifikanten Beziehung zueinander.

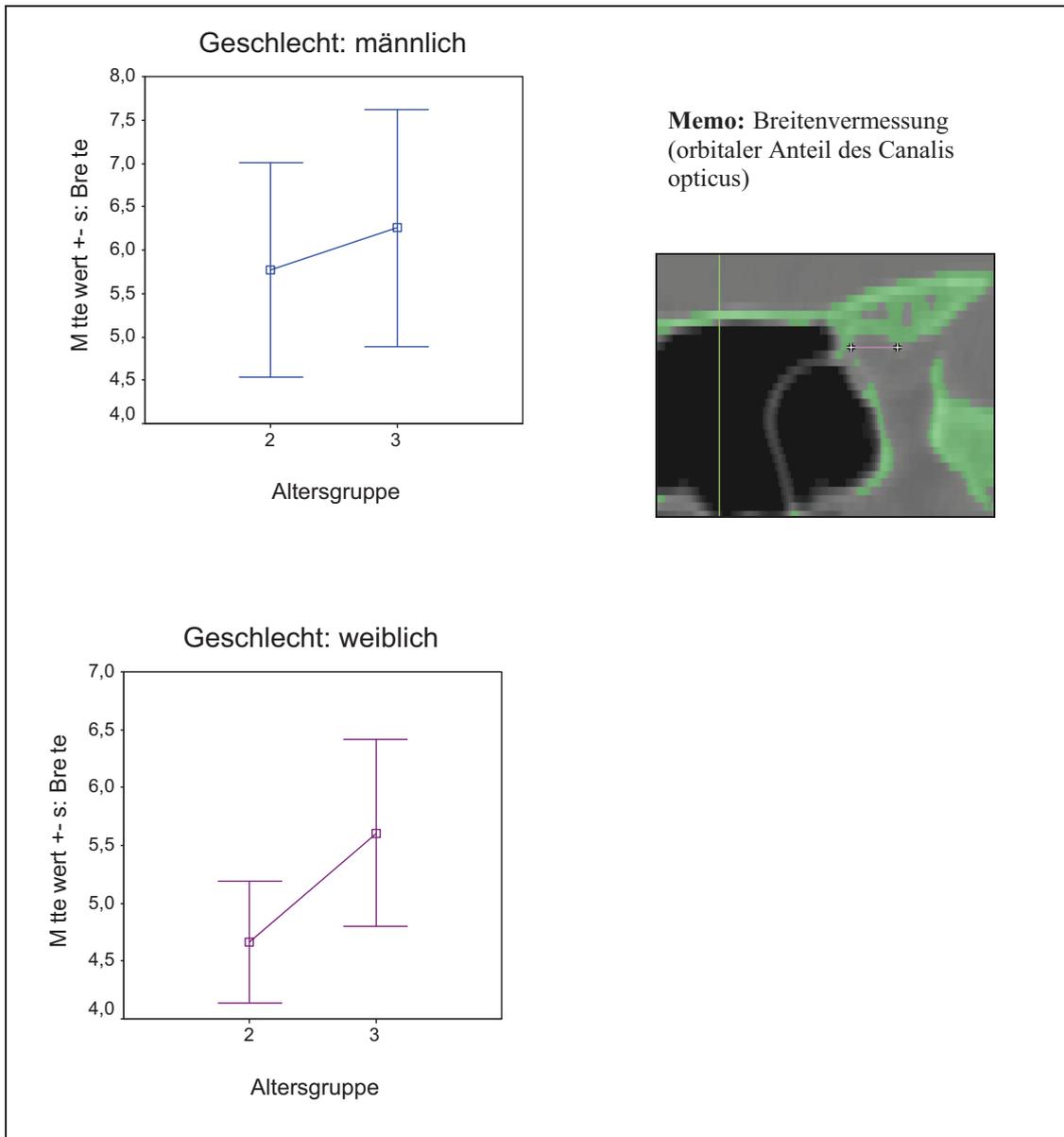


Abb. 20: Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Breitenvermessung (orbitaler Anteil des Canalis opticus) (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert; Memo zur Durchführung der Vermessung

Die als kürzester, mittlere Abstand von der Canalis opticus Breitenbestimmung zur Schädelmedianen gemessene Mittelwerte betragen im männlichen Geschlecht in Altersgruppe 1: 12,70 mm, Altersgruppe 2: 11,66 mm und Altersgruppe 3: 11,86 mm. In der weiblichen Beobachtungsreihe nimmt dieser Abstand von Altersgruppe 2 zu 3 um 3,77 mm zu. Mittelwert und Median unterscheiden sich in Altersgruppe 2 um

1,87 mm. Der kürzeste Abstand fand sich in Altersgruppe 2, der längste in Altersgruppe 3 (**Tabelle 7.3** siehe Anhang).

Der mittlere Abstand zur Horizontalebene nimmt im Vergleich der Altersgruppen sowohl im männlichen Geschlecht als auch im weiblichen Geschlecht mit zunehmendem Alter kontinuierlich ab.

In beiden Geschlechtern fand sich der kürzeste Abstand zur Horizontalebene in Altersgruppe 3. In der männlichen Altersgruppe 1 und in der weiblichen Altersgruppe 2 wurden die längsten Abstände vermessen (**Tabelle 7.3** siehe Anhang).

Der mittlere Abstand zur Frontalebene wird im Vergleich der statistisch relevanten Altersgruppen bei beiden Geschlechtern mit zunehmenden Alter kleiner.

Signifikante, alters- bzw. geschlechtsabhängige Unterschiede sind in den Abstandsvermessungen zu den Körperebenen nicht nachweisbar.

Canalis opticus (orbitaler Anteil) Höhe

Aufgrund der in **Tabelle 7.4** dargestellten Anzahl der Höhenvermessung ist eine statistische Auswertung sowohl in der männlichen als auch in der weiblichen Beobachtungsreihe nicht möglich.

Tab. 7.4: Verteilung der Höhenvermessung (orbitaler Anteil des Canalis opticus), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre, geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Anzahl
1	männlich	Canalis opticus Höhe	3
2	männlich	Canalis opticus Höhe	3
	weiblich	Canalis opticus Höhe	2
3	männlich	Canalis opticus Höhe	2
	weiblich	Canalis opticus Höhe	2

3.2.6. Verteilung und Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung basierend auf der Vermessungsgrundlage nach Waitzmann et al. 1992 - ein Vergleich

Insgesamt konnten 18 von 49 Untersuchungsobjekten bezüglich der Orbitabreite basierend auf der Vermessungsgrundlage nach Waitzmann et al. 1992 ausgewertet werden (**Abbildung 21**).

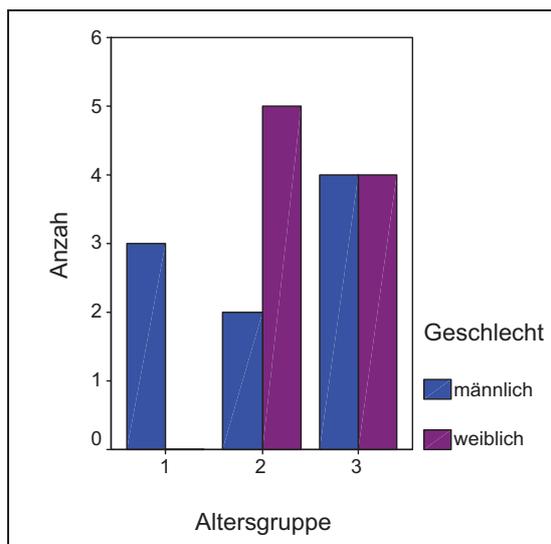


Abb. 21: Orbitabreitenverteilung basierend auf der Vermessungsgrundlage nach Waitzmann et al. 1992, in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

In **Tabelle 8** (siehe Anhang) sind die Orbitabreitenvermessungen nach zwei Vermessungsgrundlagen, definiert in **Tabelle 2** (siehe Anhang), vergleichend dargestellt.

Die mittlere Orbitabreite betrug in der männlichen Altersgruppe 3: 38,35 mm. Verglichen mit der mittleren Orbitabreite in Ebene 1, bestimmt auf Höhe der Sutura frontozygomata, besteht ein Größenunterschied von 2,38 mm.

Mit einer Stärke von $p = 0,054$ ist eine Tendenz in der signifikanten Größendifferenzierung bezüglich beider Vermessungsgrundlagen in der Altersgruppe 3 des männlichen Geschlechts vorhanden.

Werden die mittleren Orbitabreitenvermessungen Altersgruppe 2 und 3 der weiblichen Beobachtungsreihen miteinander verglichen, unterscheiden sich diese minimal.

Signifikante, altersabhängige Unterschiede sind in der Orbitabreitenvermessung im weiblichen Geschlecht nach Waitzmann et al. 1992 nicht nachweisbar.

Die mittleren Streckenvermessungen des männlichen und weiblichen Geschlechts in der Altersgruppe 3 unterscheiden sich bei mittleren Orbitabreiten von 38,35 mm und 33,14 mm mit $p = 0,029$ signifikant voneinander.

3.2.7. Orbitaeingang in dreidimensionaler Ansicht

Die Orbitabreite und -höhe stellen maximale Ausdehnungen dar.

3.2.7.1. Verteilung und Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung

Die Verteilung der Orbitabreitenvermessung entsprach der Anzahl der 49 Untersuchungsobjekte.

Die mittlere Orbitabreite in der Altersgruppe 1 des männlichen Geschlechts betrug 42,11 mm. Die mittleren Streckenvermessungen der Altersgruppen 2 und 3 mit 41,60 mm und 41,71 mm unterscheiden sich minimal (**Tabelle 9** siehe Anhang).

Die mittleren Orbitabreiten in den Altersgruppen 2 und 3 der weiblichen Beobachtungsreihe betragen 39,84 mm und 39,71 mm.

Abbildung 22 stellt mittlere Orbitabreiten der Altersgruppen 3 des männlichen und weiblichen Geschlechts gegenüber.

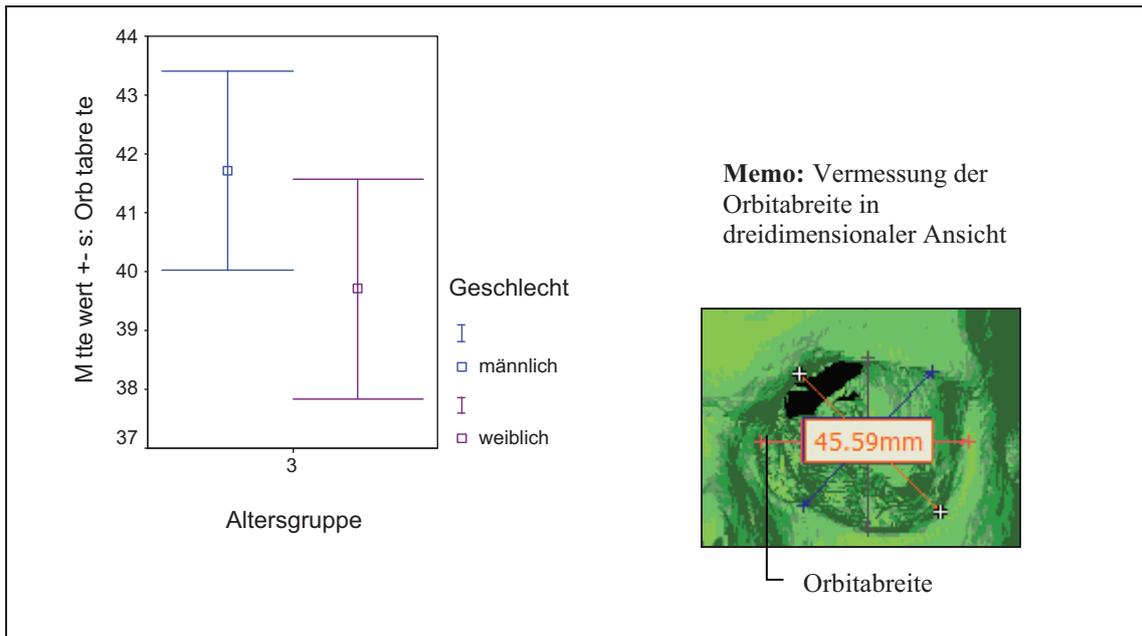


Abb. 22: Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitabreitenvermessung in dreidimensionaler Ansicht (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert; Memo zur Durchführung der Vermessung

Ein signifikanter altersabhängiger Unterschied ist sowohl für die männlichen als auch für die weiblichen Orbitae nicht nachzuweisen.

Beide Geschlechter stehen in statistisch relevanter Beziehung zueinander. Die mittleren Orbitabreiten unterscheiden sich in der Altersgruppe 3 mit $p = 0,019$ signifikant voneinander. In der Altersgruppe 2 war die mittlere Orbitabreite der männlichen Beobachtungsreihe größer als die weibliche.

3.2.7.2. Verteilung und Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung

Bezüglich einer alters- bzw. geschlechtsabhängigen Differenzierung besteht kein signifikanter Zusammenhang. Die mittleren Orbitahöhen des männlichen Geschlechts waren größer als die der weiblichen Beobachtungsreihe (**Tabelle 9** siehe Anhang).

3.2.7.3. Verteilung und Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung

Die Anzahl der vermessenen Orbitadiagonalen stimmt mit der Häufigkeit der Untersuchungsobjekte überein.

Orbitadiagonalenvermessung 45° und 135°

Die mittlere Diagonale 45° war in der männlichen Altersgruppe 1: 35,69 mm, in der Altersgruppe 2: 36,51 mm und in der Altersgruppe 3: 36,48 mm lang.

Im weiblichen Patientengut vergrößert sich die mittlere Diagonale von Altersgruppe 2 zu Altersgruppe 3 um 1,14 mm (**Tabelle 9** siehe Anhang).

Die mittleren Diagonalen 135° ähneln einander (**Tabelle 9** siehe Anhang).

Die orbitalen Diagonalenvermessungen in dreidimensionaler Ansicht zeigen keine signifikanten Zusammenhänge bezogen auf ein altersabhängiges Orbitawachstum und der Geschlechtsdifferenzierung.

Die mittlere Orbitadiagonale 135° ist im Vergleich der Altersgruppe 2 und 3 beider Geschlechter um 6,39 mm größer als die mittlere Orbitadiagonale 45°.

3.3. Taktiles Scanverfahren - ein Vergleich zur dreidimensionalen CT-gestützten Parametrisierung des Orbitaeinganges

3.3.1. Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung

In der männlichen Altersgruppe 1 betrug die mittlere Orbitabreite 40,44 mm.

Mit 39,99 mm in der Altersgruppe 2 und 41,27 mm in der Altersgruppe 3 sind sich die mittleren Orbitabreiten der Altersgruppen ähnlich (**Tabelle 10** siehe Anhang).

Die mittlere Orbitabreite in der Altersgruppe 3 des weiblichen Geschlechts war 40,36 mm lang.

Signifikante Größenunterschiede bezüglich des altersabhängigen Orbitabreitenwachstums bzw. der Geschlechtsdifferenzierung sind nicht vorhanden.

In den männlichen Altersgruppen 1, 2 und 3 sind die taktil vermessenen, mittleren Breiten um 1,67 mm, 1,61 mm und 0,44 mm kleiner als die dreidimensional CT-gestützt erhobenen Orbitabreiten.

Die mittlere Orbitabreite der Altersgruppe 3 des weiblichen Geschlechts ist im Vergleich zur CT-gestützten Parametrisierung um 0,65 mm länger.

Im Vergleich der Vermessungsmethoden findet sich in Altersgruppe 2 des männlichen Geschlechts ein Trend (p 0,054) in der signifikanten Größendifferenzierung (**Abbildung 23.1**).

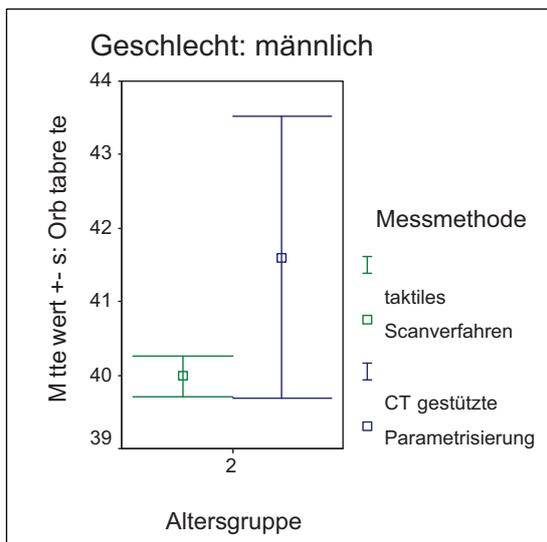


Abb. 23.1: Mittelwerte und einfache Standardabweichung (s) der Orbitabreitenvermessung (in mm) im Vergleich zweier Messmethoden, in Altersgruppen (Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, geschlechtsdifferenziert: männliches Geschlecht)

3.3.2. Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung

Die mittleren, männlichen Orbitahöhen betragen in den Altersgruppen 1, 2 und 3: 35,50 mm, 34,85mm und 37,11 mm.

In der Altersgruppe 3 der weiblichen mazerierten Schädel war die mittlere Orbitahöhe 36,81 mm lang (**Tabelle 10** siehe Anhang/**Abbildung 23.2**).

Signifikante Unterschiede sind hinsichtlich des Alters und Geschlechts nicht nachweisbar.

Mit einer Stärke von $p = 0,079$ in der weiblichen Altersgruppe 3 ist ein Trend in der signifikanten Differenzierung der verwendeten Messverfahren vorhanden.

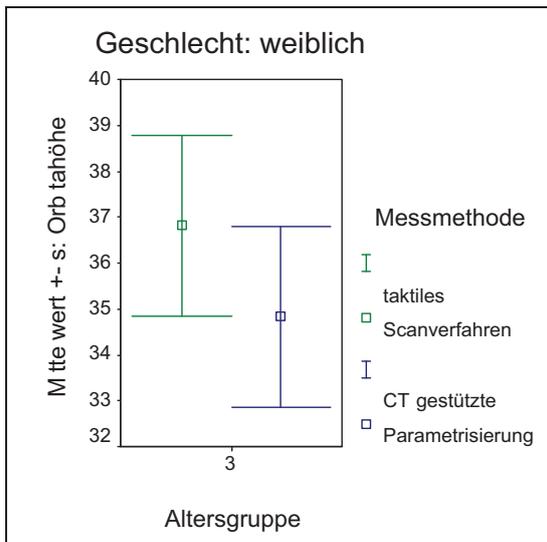


Abb. 23.2: Mittelwert und einfache Standardabweichung (s) der Orbitahöhenvermessung (in mm) im Vergleich zweier Messmethoden, in Altersgruppen (Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert: weibliches Geschlecht

3.3.3. Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung

Orbitadiagonalenvermessung laterosuperior/medioinferior

Die mittleren Diagonalen der Altersgruppe 1 und 2 der männlichen Orbitae ähneln einander. In der Altersgruppe 3 wurde eine mittlere Ausdehnung von 35,98 mm bestimmt (**Tabelle 10** siehe Anhang).

Die weibliche, mittlere Diagonalenlänge in der Altersgruppe 3 betrug 37,17 mm.

Die mittleren Orbitadiagonalen verschiedener Altersgruppen, Geschlechter und Messmethoden stehen in keinen signifikanten Beziehungen zueinander.

Orbitadiagonalenvermessung lateroinferior/mediosuperior

Sowohl die männlichen als auch die weiblichen mittleren Streckenvermessungen unterscheiden sich in den statistisch relevanten Altersgruppen minimal (**Tabelle 10** siehe Anhang).

Die mittlere Diagonale in Altersgruppe 3 der weiblichen Orbitae ist im Vergleich der Messmethoden in der taktilen Vermessung um 2,08 mm größer. Die Diagonalen unterscheiden sich mit $p = 0,035$ signifikant (**Abbildung 23.3**).

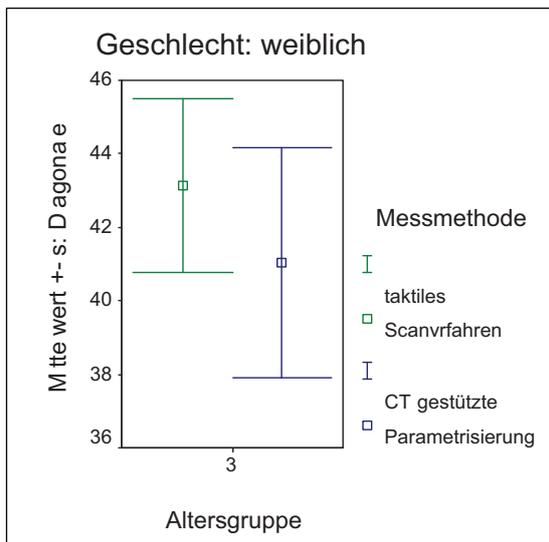


Abb. 23.3: Mittelwert und einfache Standardabweichung (s) der Orbitadiagonalenvermessung (lateroferior/mediosuperior/Diagonale 135°) (in mm) im Vergleich zweier Messmethoden, in Altersgruppen (Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert: weibliches Geschlecht

Die mittlere Orbitadiagonale (lateroinferior/mediosuperior) ist im Vergleich zur mittleren Diagonalen (laterosuperior/medioinferior) um 6,02 mm länger.

4. Diskussion

In der folgenden Diskussion wird zur Übersichtswahrung auf eine nochmalige beschreibende Darstellung zahlreicher altersgruppen- und geschlechtsspezifischer Ergebnisse verzichtet. Es wird auf den vorangegangenen **Abschnitt 3.** dieser Arbeit verwiesen.

4.1. Anzahl CT-gestützt und taktil erhobener Beobachtungsreihen

In dieser Arbeit wurden 49 von insgesamt 224 zur Verfügung stehenden CT-Bilddatensätzen zur CT-gestützten Parametrisierung der Orbita ausgewählt.

Eine initial im Arbeitsprogramm angedachte CT-Bilddatenmenge von 60 Orbitae konnte aufgrund verschiedener, im Folgenden aufgezählter Einflussfaktoren, nicht erreicht werden.

Entsprechend der Publikation von Mendelson et al. 2007 mussten die verwendeten orbitalen CT-Bilddatensätze der Patienten frei von Pathologien, Fehlbildungen und Traumata sein. Zahlreiche Studien basieren auf zuvor festgelegten Vermessungskriterien (55, 72).

Die zur Verfügung stehenden CT-Bilddatensätze stammen aus dem klinischen Alltag einer universitären Einrichtung. Krankheitsbilder, wie komplexe kraniofaziale Verletzungen der Patienten wurden mittels Computertomographie näher betrachtet und ausgewertet (**siehe Abschnitt 2.1.**). Zur Erstellung eines generischen Modells der Orbita wurden ausgewählte Orbitaparameter innerhalb eines Koordinatensystems dargestellt, indem Abstände zu den einzelnen Körperebenen vermessen wurden. Die zur Verfügung stehenden CT-Bilddatensätze boten oftmals eine Schiefelage der Augenhöhlen zu den Körperebenen. Symptome, wie Schmerzen, Nervosität und teilweise Desorientierung der Patienten können auf die Schädellage während der Untersuchung Einfluss nehmen.

Auffallend war, neben der kleinen Menge auswertbarer Patienten, die geringe Anzahl von CT-Bilddatensätzen weiblicher Patienten in der Altersgruppe 1. Im Vergleich zu anderen Altersgruppen beider Geschlechter, ist hier eine geringere Anzahl diagnostischer Untersuchungen im kraniofazialen Bereich mit zum Teil hochpathologischen Krankheitsbildern zu diskutieren.

Vergleichende Aussagen zur geschlechts- und altersspezifischen Entwicklung der Augenhöhle wurden daher unter Aussparung der weiblichen Altersgruppe 1 durchgeführt.

Die Ergebnisse bezüglich der altersspezifischen Entwicklung mussten, neben den fehlenden Messparametern in der weiblichen Altersgruppe 1 und der Gesamtanzahl der auswertbaren Orbitae, unter Vorbehalt betrachtet werden.

Verschiedene Größen gewählter Beobachtungsreihen sowie die Geschlechterverteilung beeinflussten die Ergebnisse zusätzlich.

Zahlreiche Untersuchungsobjekte können zufällige Messungenauigkeiten in den Ergebnissen reduzieren. Dieser Aspekt ist jedoch besonders in der Medizin, aufgrund von speziellen Ein- und Ausschlusskriterien limitierend.

Vergleichend mit anderen anthropometrischen Studien, welche eine CT-gestützte Auswertung beinhalten, werden unterschiedliche Datenmengen verwendet.

Pessa et al. 2003 untersuchen 30 männliche, europäische Probanden, welche in 3 Altersgruppen mit je 10 Objekten aufgeteilt wurden.

Waitzmann et al. 1992 randomisieren, in ihrer Studie zur kraniofazialen Vermessung, geschlechtsunspezifisch 100 CT-Bilddaten. Eine weitere wissenschaftliche Arbeit basiert auf insgesamt 62 Patienten, unterteilt in 3 Altersgruppen, mit je 20 bis 21 Untersuchungsobjekten (66).

Diese Untersuchung erfolgte, aufgrund eines vorgegebenen zeitlich engen Rahmens, als Querschnittsstudie. Spezielle Merkmale der menschlichen Orbitae wurden somit ein einziges Mal untersucht. Mögliche individuelle altersspezifische Entwicklungen in Abhängigkeit von Lebensjahren im Bereich der Orbita konnten nicht beurteilt werden.

Auch Pessa und Chen (2003) berichten nachteilig von Einschränkungen in ihrer Studie aufgrund des transversalen Designs. Sie heben in ihrer Publikation hervor, dass in einer

Längsschnittstudie mehrere Möglichkeiten zur Beurteilung von Vermessungen an Probanden zu verschiedenen Zeitpunkten bestehen (18).

Nach Low (1970) bietet eine Längsschnittstudie Informationen über Muster, Veränderungen, Geschwindigkeiten und Beschleunigung im Rahmen des Wachstums.

Ähnlich der CT-gestützten Parametrisierung der Orbita standen insgesamt orbitale Daten 39 mazerierter Schädelpräparate zur vergleichenden Analyse zur Verfügung.

Taktil erhobene Messdaten einzelner Altersgruppen konnten, aufgrund der geringen Anzahl der Schädelpräparate, nicht in die Auswertung mit einfließen. Aussagen zur geschlechts- bzw. altersspezifischen Entwicklung sowie zu einer möglichen Kombination beider Messverfahren zur Erstellung eines generischen Modells waren auch hier nur eingeschränkt möglich.

Insgesamt wurde die Anzahl der CT-gestützt und taktil erhobenen Messwerte und somit die Anzahl der verwendeten Patienten und Schädelpräparate, innerhalb des Gemeinschaftsprojektes zur Entwicklung eines generischen Modells der Orbita, als ausreichend befunden.

In seiner folgenden Arbeit zur Generierung parametrischer Geometriemodelle bedient sich Klein (2009) ergänzend, durch Oehmann (1976) ermittelter, anthropometrischer Messdaten.

4.2. CT-gestützt vermessene Orbitaparameter

4.2.1. Orbitatiefe in der Ebene 1

Die Angabe einer mittleren Orbitatiefe von 32,82 mm für beide Geschlechter ist, aufgrund der Konstanz der ermittelten Orbitatiefen in Bezug auf das Lebensalter und Geschlecht, statistisch gerechtfertigt.

Vergleichend untersuchen Oehmann (1975) und Mendelson et al. 2007 die Längen orbitaler Wände.

Oehmann beschreibt 1975, erfasst in direkten anatomischen Vermessungen, für die untere, mediale, laterale und obere Orbitawand durchschnittliche Längen von 48,40 mm, 46,52 mm, 47,15 mm und 50,49 mm.

Mendelson und Mitarbeiter (2007) geben, computertomographisch ermittelt, für obere orbitale männliche und weibliche Vermessungen Größen von 5,45 cm und 5,14 cm sowie für untere orbitale Vermessungen Längenangaben von 5,40 cm im männlichen Geschlecht und 5,16 cm im weiblichen Geschlecht an.

Die altersabhängige Konstanz der vermessenen Orbitatiefen stimmt mit den Beurteilungen von Mendelson et al. 2007 und Bartlett et al. 1992 überein.

Mendelson und Mitarbeiter berichten von konstanten Längenverhältnissen der superioren und inferioren orbitalen Wandabschnitte in Abhängigkeit von Lebensjahren. Bartlett und Mitarbeiter (1992) gehen in ihren detaillierten kraniofazialen Messungen von geringen Veränderungen aus.

Entgegen der hier ermittelten geschlechtsspezifischen Konstanz der Orbitatiefenlänge diskutieren Mendelson, Hartley, Scott, Mc Nab und Granzow (2007) signifikante geschlechtsspezifische Längenunterschiede. Das Dach der Orbita der männlichen Patienten wird im Durchschnitt um 3,1 mm länger als das der weiblichen angegeben. Der Orbitaboden des männlichen Geschlechts ist im Durchschnitt um 2,4 mm länger (66).

4.2.2. Orbitabreite

Die Verteilung der Orbitabreitenbestimmung unterschied sich in den Ebenen 1 bis 6. Die hohe Anzahl der Breitenvermessungen in der Ebene 1 lässt Rückschlüsse auf die anatomische Struktur der Orbita zu.

Der Aditus orbitae im vorderen Bereich der Augenhöhle, bestehend aus dem Os frontale, Os zygomaticum und der Maxilla, ist durch einen kräftigen Knochenring gekennzeichnet.

Teile der *Paries medialis orbitae* mit geringeren Wandstärken, gebildet von der *Lamina orbitalis* des ethmoidalen Labyrinthes und vom Tränenbein, beeinflussen die Anzahl der durchgeführten Vermessungen in den tieferen Ebenen (52).

Eine Strecke ist, als Teil einer Geraden, zwischen zwei Punkten definiert (31). Gewählte Punkte in der Streckenvermessung entsprachen in dieser Dissertation knöchernen Strukturen. Die exakte Vermessung knöcherner, orbitaler Strukturen war in der CT-gestützten Parametrisierung grundlegend und spiegelt den hohen Anspruch dieser Arbeit zur Abbildungsqualität der Computertomographie wieder.

Im Vergleich der Anzahl der Orbitabreitenvermessungen zeigte sich zwischen der SSCT und MSCT ein prozentualer Unterschied von 20,65 %. Knöcherne Strukturen wurden, entsprechend der ermittelten Orbitabreitenverteilung in der MSCT, besser abgebildet. Auch fiel die Anzahl der Orbitabreitenvermessungen im mittleren Anteil der knöchernen Augenhöhle, gekennzeichnet durch geringe Wandstärken, in den Bilddatensätzen der SSCT kleiner aus.

Diese Ergebnisse gehen mit literarischen Angaben konform.

Rekonstruierte Bilddaten in coronarer und sagittaler Schichtung erreichen in der SSCT, gekennzeichnet durch eine grobe und unscharfe Abbildung, ein mäßiges Auflösungsvermögen (43, 45).

In der MSCT ist eine gute Ortsauflösung durch dünne akquirierte Schichten möglich. Mit einem kleinen Rekonstruktionsinkrement kann eine gute Überlappung der Bilddaten erreicht werden. Anatomische Strukturen können somit optimal abgebildet werden (43, 45).

Nach Hoffmann et al. 2005 übertreffen die sekundären Rekonstruktionen der Mehrzeilencomputertomographie im großen Maße die primären Schichten der SSCT.

Die Bildung von Artefakten, welche die Bildqualität beeinflussen ist in der MSCT bei kurzer Aufnahmezeit im Gesichtsbereich geringer ausgeprägt (65).

Aufgrund nur einer altersspezifischen, signifikanten Differenzierung ($p = 0,038$) von Altersgruppe 2 zu 3 im weiblichen Geschlecht, bei geringer Anzahl auswertbarer Orbitae pro Altersgruppe, ist von einer altersspezifischen Konstanz der Orbitabreite aus zu gehen.

Eine geschlechtsspezifische Differenzierung der mittleren Orbitabreite von 35,12 mm erscheint aufgrund der Messergebnisse möglich. Es wurde eine mittlere Orbitabreite in der Ebene 1 von 35,82 mm im männlichen Geschlecht und eine mittlere Orbitabreite in der Ebene 1 von 34,08 mm im weiblichen Geschlecht berechnet.

Diese ähneln in der Literatur angegebenen mittleren, geschlechtsunspezifischen Orbitabreitenvermessungen, erfasst auf verschiedenen Vermessungsgrundlagen.

Hentschel und Mitarbeiter (1999) beschreiben, basierend auf der Vermessung nach Langenbruch (1981), eine mittlere Orbitabreite von 33,2 mm. Nach Hentschel et al. 1999 ist in dieser computertomographischen Vermessung keine exakte Schichtebenendefinition zur Beurteilung der Orbitabreite vorhanden (**Abbildung 24**).

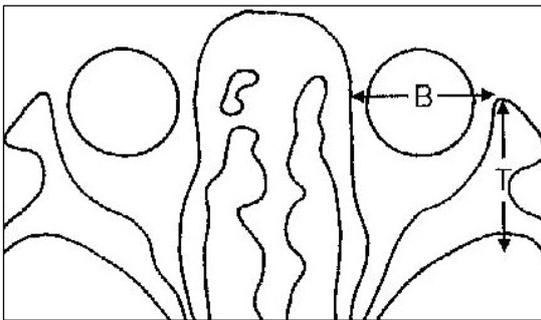


Abb. 24: Tiefe und Breite der knöchernen Orbita, aus Hentschel F, Voigt K, u.a.: Schädel - Gehirn - Rückenmark; Anatomie, Embryologie, Schnittbildanatomie, Wachstum, Normvarianten, Missbildungen, Kraniometrie, Morphometrie, Maße, Winkel, Krankheiten. Stuttgart: Thieme-Verlag, 1999, Seite 107

Tadmor und New (1978) finden eine mittlere Orbitabreite von 35 mm. Die grundlegende Messmethode dieses Ergebnisses, anatomisch oder computertomographisch, wird in dieser wissenschaftlichen Studie, laut Hentschel und Mitarbeiter (1999), nicht verdeutlicht.

Vergleichende Aussagen zu Vermessungen in tieferen Anteilen der knöchernen Augenhöhle waren in der Literatur nicht vorhanden.

Andere wissenschaftliche Untersuchungen beschäftigen sich mit alters- und geschlechtsspezifischen Ergebnissen der Vermessungen zwischen den Jochbeinen. Diese stehen mit der hier vermessenen Orbitabreite nicht im direkten Vergleich.

Nach Sheik und Mitarbeiter (2007) sind Vermessungen zwischen beiden Jochbeinen („Interzygomatic line“) nicht geschlechtsspezifisch.

In einer weiteren Studie, durchgeführt von Lee et al. 2001, wurden anhand koreanischer Vermessungen keine signifikanten geschlechts- und altersspezifischen Unterschiede in der Vermessung zwischen den Osis zygomaticae nachgewiesen. Mittlere männliche Streckenvermessungen zeigen hier eine größere Ausdehnung als weibliche.

Ozgen und Ariyurek weisen 1998 daraufhin, dass ihre Streckenvermessungen mit einer Stärke von p kleiner 0,01 geschlechtsspezifisch signifikant verschieden sind.

Die knöcherne orbitale Kontur kann nach Schleyer und Mitarbeiter 1971 zur Geschlechtsdiagnose im Schädelbereich beitragen (**Abbildung 25**).

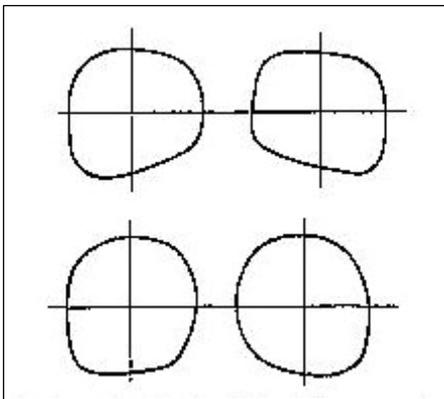


Abb. 25: Konturzeichnung der Augenhöhlen, darunter eines weiblichen Orbitapaares, aus Schleyer F, Ihm P, Bensch W: Sexual dimorphism of outlines of the osseous orbit. Z. Rechtsmed. 1971; 69: 168-72. German

Die Streuung der Beobachtungswerte um das Zentrum, dem Mittelwert, nahm in den tieferen Ebenen zu. Der Variationskoeffizient in Ebene 6 der männlichen Altersgruppe 1 war um 46,93 % größer als in Ebene 1. Auch in der Orbitahöhenvermessung wird der Variationskoeffizient in der Ebene 6 größer (siehe **Abschnitt 3.2.3.1**).

Individuelle anatomische Gegebenheiten sind ursächlich zu diskutieren. Die Höhenlage der Orbitaspitze zur Sutura frontozygomatica, verdeutlicht in **Abbildung 26**, scheint beeinflussend zu sein.

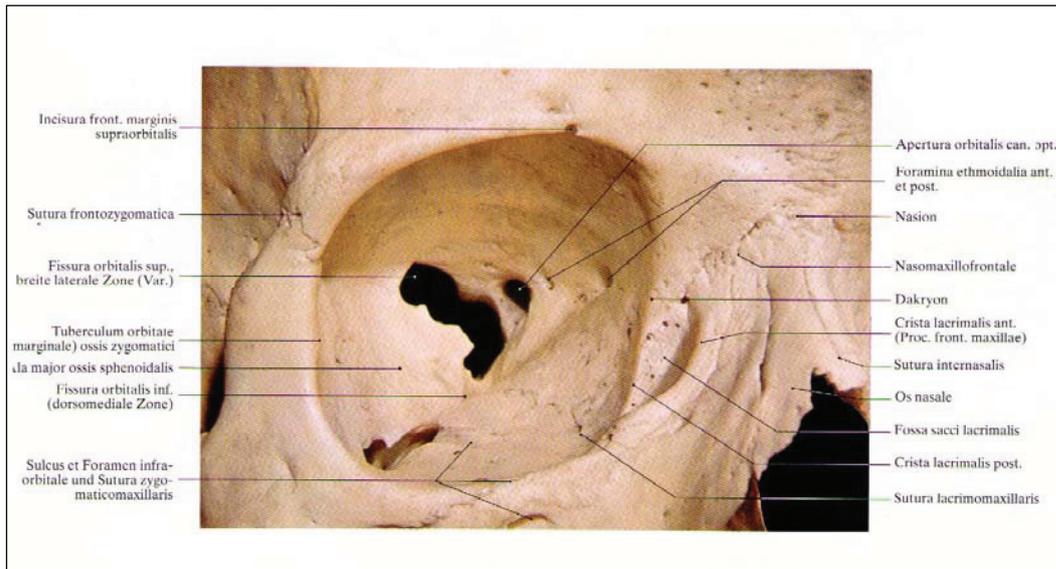


Abb. 26: Orbita von vorne, seitlich und unten, aus Lang J: Klinische Anatomie des Kopfes: Neurokranium, Orbita, Kraniocervikaler Übergang. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1981, Seite 39

4.2.3. Orbitabreitenvermessung im Abstand zu den Körperebenen

Körperebene: Schädelmediane

Eine Verallgemeinerung einer altersabhängigen Größendifferenzierung in der Abstandsvermessung zur Schädelmedianen im hinteren Augenhöhlenanteil scheint, aufgrund der Ergebnisse im weiblichen Geschlecht, möglich. Männliche Abstandsvermessungen, mit höherer Anzahl an Untersuchungsobjekten, sprechen jedoch gegen diese Verallgemeinerung. In der signifikanten Geschlechtsdifferenzierung zeigte sich einmalig eine Tendenz.

Direkt vergleichende Längenangaben zur Abstandsentwicklung Orbitabreite/Schädelmedianen sind in der Literatur nicht beschrieben.

Anthropometrische Untersuchungen zur interorbitalen Breite, eine Horizontale zwischen den beiden Schnittpunkten von Stirnbein, Tränenbein und dem Processus maxillaris maxillae, beinhalten kontroverse Aussagen zur Entwicklung in diesem Bereich.

Freihofer (1980), welcher Abstandsvermessungen unter anderem an nicht pathologischen Patienten von 14 bis 76 Jahren vornimmt, gibt keine signifikanten, altersabhängigen Größenunterschiede an.

Ferrario (2001) beschreibt in seiner direkten, weichteilbezogenen Untersuchung bezüglich dieses Abstandes signifikante, geschlechts- und altersspezifische Größenzunahmen.

In der Literatur sind eindeutig altersspezifische Veränderungen in diesem Bereich bis zum Erwachsenenalter beschrieben.

Enlow (1989) beschreibt im Bereich der Interorbitalregion, in der Entwicklung von früher Kindheit bis zum Erwachsenenalter, eine Expansion und Vorwölbung der medialen Orbitawände. Dieser Prozess steht in Verbindung mit einer ausgeprägten Ausdehnung des Nasenraumes nach lateral und einer Vergrößerung der Cellulae ethmoidales.

Nach Farkas und Mitarbeiter (1992) erreicht der Abstand zwischen den medialen Augenwinkeln im männlichen Geschlecht mit 11 Jahren und im weiblichen Geschlecht mit 8 Jahren volle Ausreifung. Mit diesem Alter haben männliche Probanden 99,1 % und weibliche Probanden 96,5 % der mittleren Ausdehnung, bestehend mit 18 Jahren, erreicht.

Einschränkend in der Ergebnisfindung alters- und geschlechtsspezifischer Unterschiede kann die Festlegung von Bezugspunkten, beispielsweise der Körperebenen, sein.

Ein guter Wissensstand über anatomische Verhältnisse und die genaue Definition eines Bezugspunktes ist Voraussetzung zur Minimierung von zufälligen Fehlern. Die exakte Definition eines Referenzpunktes ist daher sehr bedeutend (5).

Körperebene: Horizontalebene

Eine Diskussion der Abstandsvermessung Orbitabreite/Horizontalebene erfolgt kombiniert im **Abschnitt 4.2.5**.

Körperebene: Frontalebene

Ausgehend von der Sutura frontozygomatica befanden sich die Vermessungen der Orbitabreite und deren Abstände zu den 3 Körperebenen im oberen Drittel der knöchernen Augenhöhle.

Direkt vergleichende Aussagen, zu Längenangaben mit anderen wissenschaftlichen Untersuchungen, wurden nicht durchgeführt.

Eine Verallgemeinerung der Verkleinerung der Abstände zur festgelegten Frontalebene erscheint möglich.

Die signifikanten, altersabhängigen Unterschiede in der weiblichen Beobachtungsreihe könnten die Theorie zahlreicher regionaler Veränderungen in diesem Bereich unterstützen.

Nach Enlow (1989) vergrößern sich Stirn und Boden der vorderen Schädelgrube durch äußere appositionelle und innere resorptive Prozesse. Die Nasenknochen drängen nach vorne (17).

Von besonderer Bedeutung ist der Vergleich erhobener Ergebnisse zur Theorie der Rotation der Maxilla. Pessa und Mitarbeiter (2000) unterstützen in ihrer Arbeit diese Theorie, dargestellt in **Abbildung 27**.

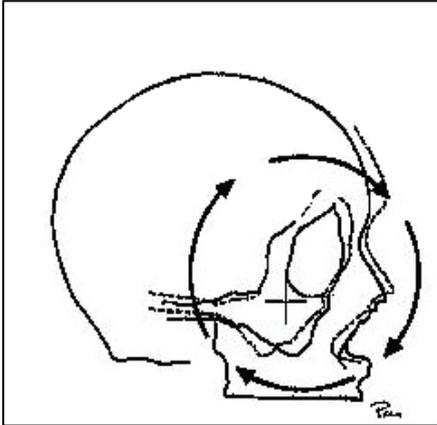


Abb. 27: Fig 3, aus Pessa JE: An algorithm of facial aging: verification of Lambros theory by three - dimensional stereolithography, with reference to the pathogenesis of midfacial aging, scleral show, and the lateral suborbital trough deformity. *Plast Reconstr Surg.* 2000; 106: 479-88

Sie beschreiben, dass mit zunehmendem Lebensalter die Maxilla nach dem Uhrzeigersinn rotiert. Obere Orbitalanteile bewegen sich dabei nach vorn, unten (73).

Eine andere wissenschaftliche Untersuchung postuliert, dass das kraniofaziale Skelett einem kontinuierlichen, altersabhängigen Wachstum unterliegt. Knöcherner Veränderungen bewegen sich dabei im Millimeterbereich (101).

Zu erwähnen ist, dass die Festlegung der Frontalebene nicht nach der anthropometrisch bzw. anatomisch vorgegebenen Definition als Ebene auf Höhe des Mittelwertes vom Os nasale (anteriore Begrenzung dexter und sinister) erfolgte.

Jedoch wurden die Abstandsvermessungen in dieser Arbeit an jedem Untersuchungsobjekt gleich durchgeführt, da in anthropometrischen Vermessungen die Genauigkeit von Lokalisationen sowie die Übereinstimmung in den zu untersuchenden Objekten bedeutend ist (57, 80).

Eine Beeinflussung der Abstandsvermessung, durch die Festlegung der Frontalebene auf Höhe der Sutura frontonasalis, ist aufgrund einer individuellen Prominenz des frontonasalen Überganges zu diskutieren (17).

4.2.4. Orbitahöhe

In der Orbitahöhenbestimmung ist eine Unterrepräsentation der Orbitahöhen im mittleren Bereich der inferiore Orbitawand hervorzuheben. Im Vergleich zur Orbitabreitenvermessung wurden weniger Orbitahöhen vermessen.

Eine Korrelation zwischen Orbitahöhenverteilung und anatomischen Gegebenheiten des Orbitabodens scheint gegeben. Aufgrund der Nähe zum Sinus maxillaris nimmt, während der postnatalen Phase, die Stärke des Orbitabodens ab. Im Vergleich zur medialen Orbitawand wird der Orbitaboden nicht durch Elemente, wie den Zwischenwänden der Cellulae ethmoidales, gestützt (99).

Hinsichtlich der Abbildungsqualität knöcherner Strukturen in der Computertomographie unterschieden sich auch hier Einzeilen- und Mehrzeilencomputertomographie. Ähnlich der Orbitabreitenvermessung war ein prozentualer Unterschied von 18,61 % in den Vermessungen zwischen den beiden CT-Technologien vorhanden (Vergleich siehe **Abschnitt 4.2.2.**). Dieses ist wiederum ein Beweis für die bessere Qualität der Abbildung knöcherner Strukturen, hier des Orbitabodens - Bezugspunkt für die Orbitahöhenvermessung, in der MSCT.

Vergleichend deuten Hoffmann und Mitarbeiter (2005) in ihrer Untersuchung auf eine Besserung der Bildqualität mit möglicher sekundärer Rekonstruktion von Projektionen durch die MSCT hin, welche eine Optimierung in der Differentialdiagnostik und Therapieplanung von Orbitawandfrakturen, insbesondere auch Orbitabodenfrakturen, erreicht. Ein vorteilhafter Nutzen, durch die 64-Zeilen-CT im Vergleich zur 16-Zeilen-CT, wird ausgeschlossen (37).

Im männlichen Geschlecht waren keine signifikanten, altersabhängigen Unterschiede in der Orbitahöhenvermessung nachweisbar.

Trotz eines signifikanten, altersspezifischen Unterschiedes mit einer Stärke von $p = 0,029$ in der Ebene 4 der weiblichen Beobachtungsreihe, wird von einer Konstanz der Orbitahöhe in Bezug auf das Gesichtswachstum in Abhängigkeit von Lebensjahren ausgegangen. Von einer geschlechtsspezifischen Differenzierung wird aufgrund fehlender signifikanter Geschlechtsunterschiede abgesehen.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse wurde eine mittlere Orbitahöhe von 38,30 mm in der Ebene 1 ermittelt.

Tadmor und New (1978) finden zum Vergleich eine allgemeine, mittlere Orbitahöhe von 35 mm.

4.2.5. Orbitahöhenvermessung im Abstand zu den Körperebenen

Körperebene: Schädelmediane

Die ermittelten Ergebnisse unterstreichen eine mögliche bedeutende altersspezifische Abstandszunahme zur Schädelmediane, wie in **Abschnitt 4.2.3.** beurteilt.

Körperebene: Horizontalebene

Eine signifikante, altersspezifische Größenabnahme des Abstandes zur Horizontalebene in Ebene 4 des weiblichen Geschlechts und 2 Tendenzen in Ebene 6 im männlichen Geschlecht können folgende wissenschaftliche Aussagen unterstreichen.

Suturales Knochenwachstum findet in der inneren und äußeren Orbita statt. Basierend auf diesem Wachstum verschiebt sich bis zum Erwachsenenalter der Orbitaboden mit dem nasomaxillären Komplex nach unten und vorn. Die intraorbitale Seite ist durch den Vorgang der Apposition und die „maxilläre“ Seite des Orbitabodens durch die Reposition von Knochen gekennzeichnet (17).

Pessa und Mitarbeiter (1999) gehen in ihrer CT-gestützten Untersuchung von einer signifikanten, posterioren Bewegung des inferioren Orbitarandes mit zunehmendem Erwachsenenalter aus. Der orbitale Rand bewegt sich im Verhältnis zur vorderen Cornea signifikant mit $p = 0,0007$ nach hinten. In der männlichen Beobachtungsreihe besteht eine größere Neigung zur Entwicklung eines negativen Vektors.

Ein Jahr später berichten Pessa und Mitarbeiter (2000) ergänzend von einer inferioren und posterioren Bewegung des orbitalen Randes und der vorderen Maxilla in Abhängigkeit von Lebensjahren (**Abbildung 27** siehe oben).

Die Aussagen zu den vermessenen Abständen sind jedoch aufgrund der Anzahl der ausgewerteten Ebenen eingeschränkt. Konstante Abstände in der Orbitabreitenvermessung/Horizontalebene verschiedener Altersgruppen müssen in Betracht gezogen werden.

Entsprechend einer möglichen altersspezifischen Konstanz der Abstände zur Horizontalebene, äußern sich einige Wissenschaftler gegenüber der aufgestellten Theorie von Pessa et al. 2000 skeptisch.

Levine et al. 2003 weisen auf die fehlende mathematische Untermauerung der „rotierenden Maxilla“ hin.

Aufgrund konstanter Längenverhältnisse der superioren und inferioren Orbitawand, schließen Mendelson, Hartley, Scott, Mc Nab und Granzow (2007) die Beteiligung des unteren Orbitarandes an knöchernen Veränderungen in diesem Bereich aus. Umbauprozesse finden jedoch, sowohl im männlich als auch im weiblichen Geschlecht, unter dem inferioren Orbitarand im Bereich der anterioren Maxilla statt.

Zum Vorgang der Abstandsvermessung zur Horizontalebene muss ergänzend hervorgehoben werden, dass die in der Literatur beschriebene Einstellung der deutschen Horizontalebene oder auch Frankfurter Horizontalen, welche in der radiologischen Diagnostik des Kopfes und als Bezugsebene in der Zahnmedizin üblich ist, nicht immer exakt erfolgen konnte.

Individuelle Asymmetrien im Gesichtsschädelbereich wirkten beeinflussend.

Während der Vermessungsvorgänge waren die unteren Augenhöhlenränder beidseits stets mit einbegriffen. Die zu bestimmenden 3 Körperebenen standen immer senkrecht zueinander.

4.2.6. Orbitadiagonalen

Die unterschiedliche Anzahl der Diagonalenbestimmungen 30° , 60° , 120° und 150° in Ebene 1 beider Geschlechter resultiert aus der Stellung der lateralen Orbitawand im Bereich der Orbitaeingangsebene. In der Entwicklung bis zum Erwachsenenalter verursachen modellierende Prozesse Veränderungen in der lateralen Orbitawand.

Während sich die superiore Wand vorwärts bewegt, entwickelt sich der laterale Wandabschnitt mit dem Jochbein rückwärts. Der orbitale Rand positioniert sich schräg nach vorn gewandt (**Abbildung 28**) (17).

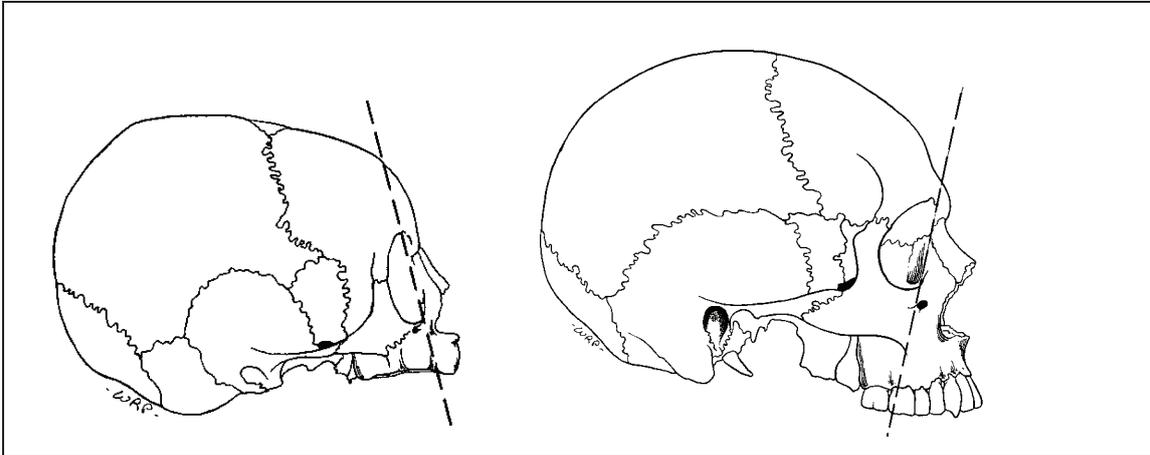


Abb. 28: Abb. 3.148, aus Enlow DH: Handbuch des Gesichtswachstums, überarb. Von Enlow, Donald H. Berlin, Chicago, London, Sao Paulo, Tokio: Quintessenz-Verlags-GmbH, 1989, Seite 187

Die Ebenen 2, 3 und 4 wurden in der Diagonalenvermessung aufgrund der geringen Anzahl der Vermessungen pro Altersgruppe und Geschlecht nicht näher betrachtet.

Die derzeitigen CT-morphologischen Abbildungsfähigkeiten minimaler Knochenstärken der medialen Wand können zur Verteilung der Diagonalen in diesem Bereich beitragen (64).

In den zweidimensional durchgeführten Diagonalenvermessungen fanden sich keine relevanten alters- und/oder geschlechtsspezifischen Unterschiede. Im gesamten Untersuchungsspektrum zeigte sich einmalig eine signifikante altersabhängige Differenzierung der Diagonale im 30° Winkel. Eine Konstanz in der orbitalen, diagonalen Ausdehnung scheint gegeben.

4.2.7. Orbitadiagonalenvermessung in der Ebene 1 im Abstand zu den Körperebenen

Altersspezifische, signifikante Unterschiede bezüglich der Größenentwicklungen der Orbita waren nicht nachweisbar.

In den Abstandsbestimmungen Diagonale 30° zur Schädelmedianen und zur Horizontalebene waren in der Altersgruppe 2 signifikante Geschlechtsunterschiede vorhanden. Die mittleren Abstände des männlichen Geschlechts waren teilweise größer als die weiblichen Abstandsvermessungen.

4.2.8. Canalis opticus (orbitaler Anteil) Breiten- und Höhenvermessung

Der orbitale Eingang des Canalis opticus ist fester Bestandteil der Orbitaspitze. Die anatomischen Beziehungen im Canalis opticus sind komplex (16, 30).

Oehmann (1975) und Lang (1981) unterteilen den Canalis opticus in 3 Abschnitte: orbitaler und intrakranieller Anteil sowie „Opticustaille“ (**Abbildung 29**).

Der orbitale Querschnitt des Canalis opticus ist durch eine längsoval-eiförmige Öffnung gekennzeichnet. Verschiedene Formvarianten sind bekannt (8, 68).

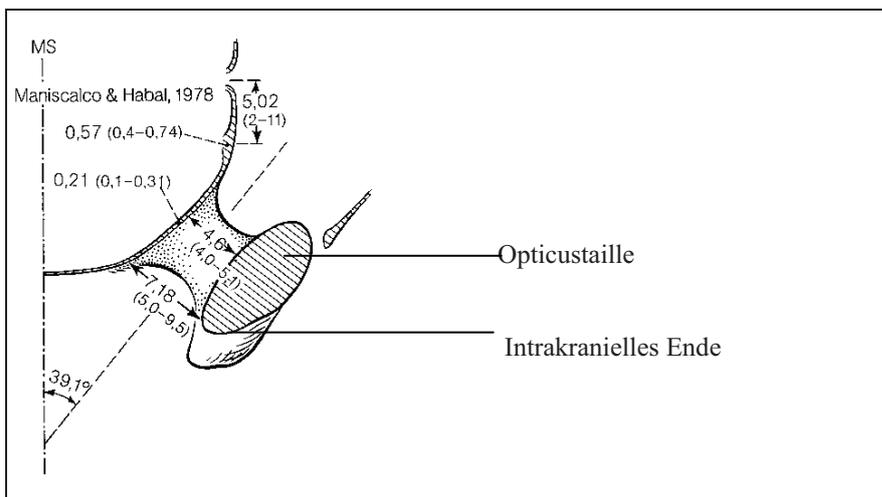


Abb. 29: Form, Achse, Maße und mediale Wanddicke (in mm) des Canalis opticus, aus Lang J: Klinische Anatomie des Kopfes: Neurokranium, Orbita, Kraniocervikaler Übergang. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1981, Seite 80

Eine Verallgemeinerung der altersabhängigen Größendifferenzierung bezogen auf das Gesichtswachstum könnte in Betracht gezogen werden. In den durchgeführten Vermessungen sind 2 Tendenzen in der altersabhängigen, signifikanten Differenzierung vorhanden.

Die mittlere Breitenangabe dieser Untersuchungsreihe von 5,37 mm ähnelt literarischen Angaben.

Berlis und Mitarbeiter (1992) geben eine mittlere Breite im orbitalen Teil des Canalis opticus von 5,66 mm an. Die mittlere Höhe in diesem Bereich beträgt 5,01 mm. Eine geschlechtsspezifische bzw. altersspezifische Unterteilung der Messparameter erfolgt in ihrer Untersuchung nicht (8).

Nach Lang (1981) wird im Bereich des geringsten Querschnitts, der „Opticustaille“, schon im 1. Lebensjahr 97,2 % der erwachsenen Breite von 4,62 mm erreicht.

Tao und Mitarbeiter (1999) vermessen eine Öffnungsfläche des orbitalen Anteils des Canalis opticus von 1,23 mm² (0,89 - 1,57 mm²).

Die prozentuale Verteilung der Vermessungen in den CT-Bilddatensätzen des Tomoscan AVE der Firma Philips und Aquilion 32 der Firma Toshiba Computer Systeme stimmen mit einer Differenz von 6,67 % fast überein.

Nach Naik und Mitarbeiter (2002) sollen CT-Bilder in 1 mm Schichtdicke bezüglich des Canalis opticus informativer sein.

Eine detaillierte Darstellung wird in der hoch auflösenden Computertomographie in coronarer Schichtung erreicht (16).

Signifikante, alters- und geschlechtsbezogene Veränderungen in den Abstandsvermessungen zu den Körperebenen waren nicht vorhanden.

Im Allgemeinen waren die mittleren, männlichen Vermessungen größer.

Die mittleren Abstandsentwicklungen der Altersgruppen beider Geschlechter, welche sich nicht signifikant unterschieden, können jedoch die Ergebnisse anderer Vermessungen im Abstand zur Schädelmedianen, Horizontalebene und Frontalebene unterstützen (siehe **Abschnitt 4.2.3./ 4.2.5**).

4.2.9. Orbitabreitenvermessung basierend auf der Vermessungsgrundlage nach Waitzmann et al. 1992 - ein Vergleich

In der Orbitabreitenvermessung auf Höhe der Sutura frontozygomatica konnten mehr Orbitabreiten bestimmt werden als nach der Vermessungsgrundlage von Waitzmann et al. 1992.

Nach Waitzmann et al. 1992 mussten anatomische Strukturen, wie die Linse, der Nervus opticus, die Cellulae ethoidales, der M. rectus medialis und lateralis, das Os nasale und der höchste Eckpunkt des Processus frontalis des Os zygomaticum, in der Vermessungsebene vorhanden sein. Dem gegenüber standen fehlende knöcherne Elemente der orbitalen Wände zur Vermessung der Orbitabreite, bedingt durch die Abbildungsqualität der Computertomographie. Auch wirkten individuelle Variabilitäten der einzelnen Augenhöhlen in der Einstellungsebene beeinflussend.

Die Wahl eines festen anatomischen Bezugspunktes, der Sutura frontozygomatica, war hinsichtlich der Einstellung und den resultierenden Orbitabreitenvermessungen von Vorteil.

Hinsichtlich der signifikanten Größendifferenzierung beider Vermessungsgrundlagen fand sich in der männlichen Altersgruppe 3 ein Trend ($p = 0,054$). Die Differenz der mittleren Breiten betrug 2,38 mm. Die mittlere orbitale Breite auf Höhe der Sutura frontozygomatica fiel kleiner aus.

Die Bestimmung der Orbitabreite nach Waitzmann et al. 1992 erfolgte, bezogen auf die Höhe der lateralen Orbitawand, mittig. Vergleichend ist die Sutura frontozygomatica höher an der lateralen Wand abgebildet.

Die Orbitabreitenvermessung auf Höhe der Sutura stellt keine Maximalvermessung dar. Direkt vergleichbare Messwerte sind jedoch in der wissenschaftlichen Studie von Waitzmann und Mitarbeiter (1992) nicht vorhanden.

4.2.10. Orbitaeingang in dreidimensionaler Ansicht

Orbitabreite

Um vergleichende Aussagen von direkt anthropometrisch und indirekt erhobenen Messwerten treffen zu können, sind folgende Aussagen wichtig.

Beginnend mit röntgenologischen Untersuchungen, geben Farkas et al. 1999 Unterschiede zwischen der dreidimensionalen Bestimmung der Orbitabreite im Weichteilgewebe und röntgenologisch erfassten Orbitabreiten, welche kleiner sind, an.

In der CT-gestützten Vermessung finden Raustia und Phytinen (1990) zur anatomischen Vermessung Übereinstimmungen.

Werden zwei- und dreidimensionale CT-gestützte Parametrisierungen miteinander verglichen, postulieren Cavalcanti et al. (1998), dass CT-gestützte, orbitale Vermessungen in dreidimensionaler Ansicht akkurater sind als eine zweidimensionale Auswertung.

Katsumata und Mitarbeiter (2005) beschreiben die dreidimensional, computertomographische Abbildung ergänzend, als praktikable Methode zur Bewertung fazieller Asymmetrien. Dreidimensionale, kraniofaziale Messungen werden in verschiedenen Arbeiten in ihrer Genauigkeit als ausreichend bewertet (10, 28, 48).

In der durchgeführten dreidimensionalen Orbitabreitenvermessung wurden signifikante, altersabhängige Unterschiede in beiden Geschlechtern ausgeschlossen.

Eine geschlechtsspezifische Unterteilung der mittleren Orbitabreite von 40,99 mm ist aufgrund eines signifikanten Unterschiedes vorstellbar. Es resultiert eine mittlere Orbitabreite von 41,81 mm im männlichen und eine mittlere Orbitabreite von 39,78 mm im weiblichen Geschlecht.

In **Abbildung 30** ist eine mittlere, geschlechtsunspezifische Orbitabreite von 41,3 mm mit einem Referenzbereich von 35 bis 45 mm angegeben.

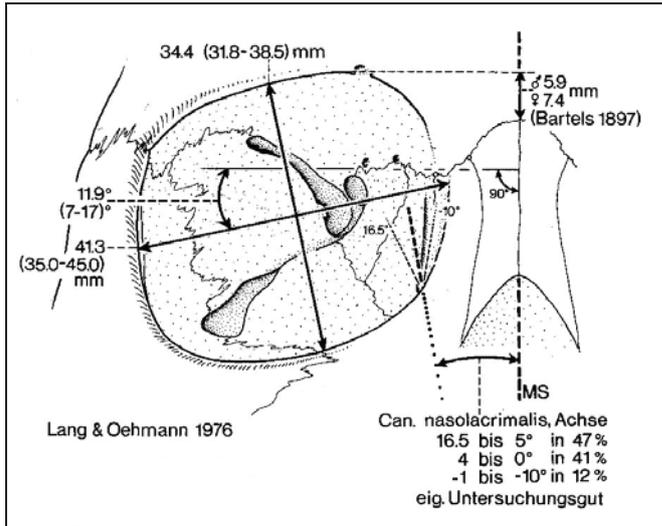


Abb. 30: Orbitabreite und Orbitahöhe beim Erwachsenen (nach anthropologischen Messpunkten) sowie das Absinken des Orbitabreitenmaßes gegenüber der Horizontalen, Achse des Canalis nasolacrimalis an unserem Material sowie mittlere Höhelage des oberen Orbitarandes gegenüber dem Nasion (nach Bartels 1897), aus Lang J: Über die Anatomie und Topographie der Orbita. In: Rochels R, Behrendt S (Hrsg.): Orbita-Chirurgie, Reinbek: Einhorn-Pressen Verlag, 1997, Seite 15

Nach Oehmann (1975), hat die Orbita mit 11 Jahren schon eine Breite von 41,0 mm erreicht.

Die computertomographisch, dreidimensional ermittelten, geschlechtsspezifischen Orbitabreiten liegen im angegebenen Referenzbereich.

Die linear ermittelten Orbitabreitenbestimmung in der Ebene 1 des männlichen und weiblichen Geschlechts fallen mit 35,82 mm und 34,08 mm im Vergleich kleiner aus.

Die durchgeführten Vergleiche können aufgrund verschiedener Einflussfaktoren nur unter Vorbehalt betrachtet werden. Es können Abweichungen hinsichtlich der Vermessung im Millimeter Bereich resultieren.

Die direkt erhobene Orbitabreite wurde nach Lang (1997) als Verbindung zwischen Maxillofrontale, dem Kreuzungsbereich zwischen der Sutura frontomaxillaris und Verlängerung der vorderen Christa lacrimalis sowie der Mittelzone des seitlichen Orbitarandes, dem Ektoconchium, mit einer durchschnittlichen Abweichung von 11,9° von der Horizontalebene vermessen.

In dieser dreidimensionalen Untersuchungsreihe stellte die maximale Orbitabreite eine Horizontale dar.

Die zweidimensional vermessenen Orbitabreiten wurden auf Höhe der Sutura frontozygomata bestimmt.

Die Vermessungen in dieser Untersuchung erfolgten in der linken Orbita.

Lang beschreibt 1981, dass nach Kadanoff und Jordanov (1977) die linke Orbita in 63% der Fälle um 1,72 mm schmaler ist als die rechte Augenhöhle.

Orbitahöhe

Signifikante, alters- bzw. geschlechtsabhängige Differenzen waren nicht nachweisbar.

Es wurde eine mittlere Orbitahöhe von 35,67 mm, unter Beachtung statistisch relevanter Altersgruppen, ermittelt.

Ähnlich diesem Ergebnis ist in der Literatur, durch anatomischen Vermessungen ermittelt, eine mittlere Orbitahöhe von 34,4 mm angegeben. Die ermittelte dreidimensionale Orbitahöhe rangiert im angegebenen Referenzbereich von 31,8 mm - 38,5 mm (50).

Entsprechend der dreidimensional erfassten, geschlechtsunspezifischen Orbitahöhe erkennen Barretto und Mathog (1999) in ihrer anthropometrischen Studie keine signifikanten Unterschiede zwischen dem männlichen und weiblichen Geschlecht.

Ferrario und Mitarbeiter (2001) sprechen sich dagegen in ihrer weichteilbezogenen Untersuchung der Orbitahöhe für signifikante Unterschiede in Abhängigkeit vom Lebensalter und Geschlecht aus.

Nach Oehmann (1975) gibt es in der Entwicklung der Orbitahöhe 2 deutliche Wachstumsschübe. Der letzte findet im Alter von 6 bis 8 Jahren statt. Die mittlere Orbitahöhe nimmt in diesem Zeitraum um 11% zu und erreicht schon hier eine mittlere Höhe von 32,4 mm (68).

Auch hier ist der oben geführte Vergleich, aufgrund nicht exakt vergleichbarer Vermessungsweisen der Orbitahöhe, unter Vorbehalt zu betrachten.

In der Literatur ist zusätzlich in 40,8 % der Fälle im Vergleich beider Augenhöhlen die linke um circa 1 mm höher (49). Dieser Aspekt ist in der angegebenen Orbitahöhe, siehe **Abbildung 30**, nicht verdeutlicht.

Orbitadiagonalen

Die Diagonalenvermessungen im 45° und 135° Winkel standen bezüglich einer alters- und geschlechtsabhängigen Differenzierung in keiner signifikanten Beziehung. Die mittleren, männlichen Diagonalen waren größer.

Entsprechende Messwerte der zweidimensionalen Diagonalenvermessungen in Ebene 1 korrelieren mit diesem Ergebnis (siehe **Abschnitt 4.2.6.**).

Die mittleren Diagonalen 45° und 135° betragen 36 mm und 42,67 mm.

Entgegen diesem Ergebnis einer alters- und geschlechtsspezifischen Konstanz im Bereich des Gesichtswachstums, weisen wissenschaftliche Untersuchungen auf signifikante Veränderungen im orbitalen Wachstum hin.

Pessa und Mitarbeiter (1999) sowie Pessa und Chen (2003) untersuchen orbitale, diagonale Ausdehnungen genauer.

Basierend auf dreidimensionalen, männlichen CT-Bilddaten beschreiben Pessa und Mitarbeiter (1999) ein Wachstum des männlichen kraniofazialen Skeletts in Abhängigkeit von Lebensjahren. Während die Orbita an Größe zunimmt, erscheint der Oberkieferknochen reduziert. Pessa et al. 1999 bestimmen signifikante Veränderungen im medialen Bereich des Mittelgesichtes. Es wird auch auf eine Geschlechtsverschiedenheit hingewiesen (76).

Im Jahr 2003 gehen Pessa und Chen in ihrer direkten, anthropometrischen Studie von einer offensichtlichen Verzerrung der orbitalen Krümmung im medialen, superioren und lateralen, inferioren Bereich aus. Während sich die superiore, orbitale Krümmung lebenslang vergrößert, erfolgt im Bereich der inferioren Krümmung eine Veränderung im mittleren Lebensalter.

Die **Abbildungen 31.1** und **31.2** bilden den Orbitaeingang, unterteilt in Altersgruppen und Geschlecht, als Flächenmodell am Beispiel der dreidimensionalen, orbitalen

Breiten-, Höhen- und Diagonalenvermessung ab. Ein geschlechtsspezifischer signifikanter Unterschied war in der Altersgruppe 3 der orbitalen Breitenvermessung vorhanden. Die entwickelten Flächenmodelle sehen einander ähnlich.

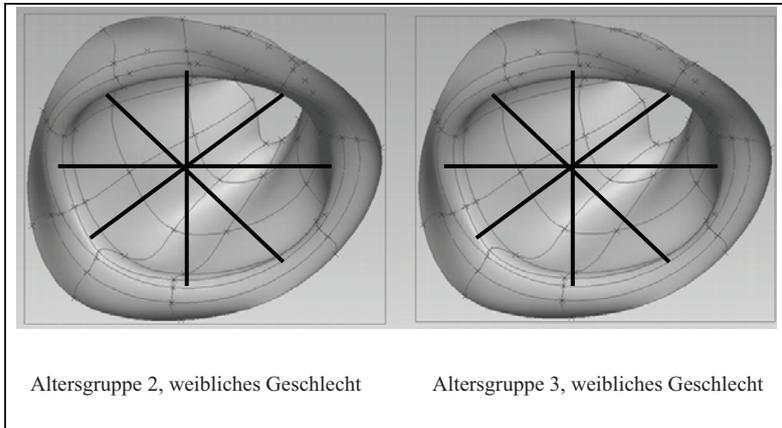


Abbildung 31.1: Flächenmodell der Orbitaeingangsebene basierend auf dreidimensionaler CT-gestützter Parametrisierung (Orbitabreite, -höhe und -diagonalen), in Altersgruppen (Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), weibliches Geschlecht, erstellt in Zusammenarbeit mit Klein, H

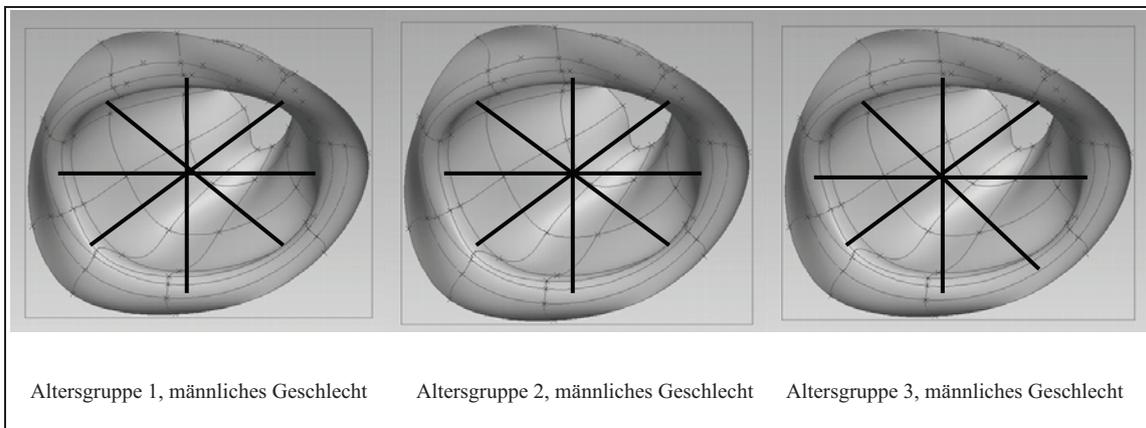


Abbildung 31.2: Flächenmodell der Orbitaeingangsebene basierend auf dreidimensionaler CT-gestützter Parametrisierung (Orbitabreite, -höhe und -diagonalen), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), männliches Geschlecht, erstellt in Zusammenarbeit mit Klein, H

4.3. Taktiler Scanverfahren - ein Vergleich zur dreidimensionalen CT-gestützten Vermessung des Orbitaeinganges

In den taktilen Vermessungsdaten wurden signifikante, alters- und geschlechtsabhängige orbitale Unterschiede in Breite, Höhe und Diagonalen ausgeschlossen.

Die mittlere Orbitabreite betrug somit 40,52 mm, die mittlere Orbitahöhe 36,07 mm, die mittlere Diagonale in laterosuperior/medioinferiorer Ausdehnung 36,94 mm und die mittlere Diagonale in lateroinferior/mediosuperiorer Richtung 42,96 mm.

Die taktil vermessene, mittlere Orbitabreite ähnelt sowohl der dreidimensional CT-gestützt erfassten Orbitabreite von 40,99 mm als auch der Längenangabe von Lang (1997) mit 41,3 mm.

Die mittlere taktil vermessene Orbitahöhe von 36,07 mm befindet sich ebenfalls im anthropometrischen Referenzbereich (50).

Orbitale Hauptparameter, ermittelt durch das taktile und CT-gestützte Untersuchungsverfahren, sind zur Übersicht nochmals in **Abbildung 32** dargestellt.

In **Abbildung 32** ist die zweidimensionale, CT-gestützte Parametrisierung (Orbitabreite, -höhe und -diagonalen) gekennzeichnet.

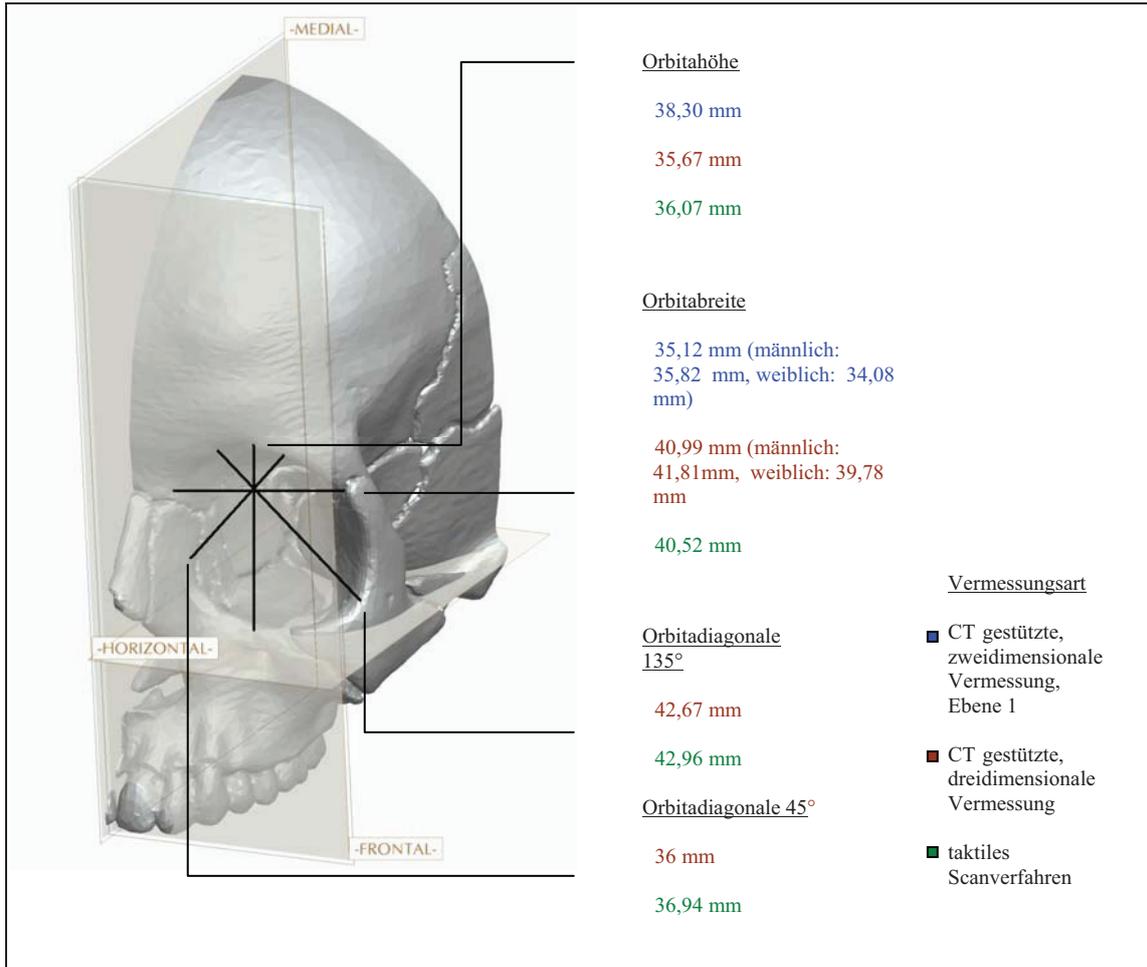


Abb. 32: Grafische Darstellung ausgewählter Orbitaparameter (Orbitabreite, -höhe und -diagonalen) CT-gestützt und taktile vermessen, in Anlehnung an Klein, H: Generierung parametrischer Geometriemodelle aus Scanndaten am Beispiel der menschlichen Orbita unter Einbeziehung anthropometrischer Betrachtungen. Dissertation, Universität Rostock, 2009

Im Vergleich beider Messmethoden fand sich eine signifikante Differenzierung und 2 Trendangaben. Eine eindeutige Tendenz in der Größendifferenzierung beider Messverfahren lässt sich aufgrund dessen nicht definieren.

Im literarischen Vergleich schließen Cavalcanti et al. 1999 in ihren direkten und indirekten dreidimensional, fazialen Vermessungen signifikante Unterschiede aus.

In der Ergebnisfindung wirken folgende Aspekte einschränkend.

Grundlage der CT-gestützten Auswertung der Orbita war das Patientengut der Universität Rostock. Die mazerierten Schädel stammten aus den Anatomischen

Instituten der Universitäten Kiel und Greifswald. Ein direkter, patientenbezogener Vergleich beider Messmethoden war aufgrund fehlender Katalogisierung anatomischer Schädelpräparate am Institut für Anatomie der Universität Rostock nicht möglich.

Die mazerierten Schädel wurden über einen langen Zeitraum gesammelt und katalogisiert. Die Schädel waren qualitativ, entsprechend ihres Alters, unterschiedlich gut erhalten. Durch nicht repräsentative Stichproben, beispielsweise weniger gut erhaltene Schädelpräparate, können systematische Fehler in der Auswertung aufgetreten sein.

Die nicht exakt kongruenten Definitionen der gewählten Messparameter beider Messverfahren sind außerdem von Relevanz (siehe **Abschnitt 2.**)

Angegebene unterschiedliche Durchschnittsalter in den zu vergleichenden Altersgruppen taktil und CT-gestützt erhobenen Messwerte hatten, nach Ausschluss altersabhängiger Größenunterschiede, keinen Einfluss auf die Ergebnisse.

5. Schlussfolgerung und Ausblick

1. Die Computertomographie ist ein wichtiger Bestandteil in der orbitalen Parametrisierung.

Der technische Entwicklungsstandard dieses indirekt, anthropometrischen Verfahrens hat einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität in der Beurteilung orbitaler Strukturen.

Die in dieser Arbeit verwendeten CT-Datensätze der Mehrzeilencomputertomographie bildeten knöcherne Strukturen mit geringer Wanddicke, wie die mediale und inferiore Orbitawand, optimaler ab.

Zur besseren Charakterisierung anatomischer Strukturen, beispielsweise der knöchernen Augenhöhle des Menschen, wird zukünftig die Verwendung der Mehrzeilencomputertomographie vorgeschlagen.

2. In der Anthropometrie ist, zur Quantifizierung von spezifischen Strukturen, die zu Hilfenahme von Bezugspunkten möglich.

In der vorliegenden Dissertation zeigte sich die Verwendung der Landmarke, der Sutura frontozygomata, als Vermessungsgrundlage für die Parametrisierung der Orbita hilfreich. Es konnten im Vergleich mehr CT-Datensätze bezüglich der Orbitabreite ausgewertet werden. Ein besonderer Stellenwert der Sutura frontozygomata in der CT-gestützten Parametrisierung der Orbita ist in Zukunft vorstellbar.

3. Orbitale Größenverhältnisse in Abhängigkeit vom Lebensalter und Geschlecht, erfasst durch die CT-gestützte Parametrisierung und das taktile Scanverfahren, wurden im Zusammenhang mit anthropometrischen Studien gesehen.

Eine abschließende Aussage bezüglich des orbitalen Wachstums ist in der CT-gestützten Parametrisierung alleinig, aufgrund der geringen Anzahl auswertbarer CT-Datensätze, nicht möglich. Zur genaueren CT-gestützten Evaluation orbitaler Wachstumsprozesse wird zukünftig die Verwendung größerer Beobachtungsreihen vorgeschlagen. Altersspezifische Veränderungen, beispielsweise in der weiblichen Beobachtungsreihe oder im mittleren Bereich der Orbita, welcher durch geringe

Wandstärken der medialen und inferioren Orbitawand gekennzeichnet ist, können so genauer abgebildet werden.

Die ermittelten Ergebnisse beider Messverfahren bestätigten die gängigen anthropometrischen Untersuchungen nicht immer. Die Messwerte stellten sich bezüglich der Größenverhältnisse in Abhängigkeit von Lebensalter und Geschlecht nicht einheitlich dar.

Orbitale Hauptparameter, wie Breite und Höhe in der Orbitaeingangsebene korrelierten größtenteils mit anatomischen Streckenvermessungen und fanden sich in den angegebenen Referenzbereichen wieder (50).

In der Gesamtheit computertomographisch und taktil erhobener Messergebnisse wird aufgrund der geringen Anzahl signifikanter, altersspezifischer Größenunterschiede und der häufigeren signifikanten, geschlechtsspezifischen Differenzierung orbitaler Parameter eine geschlechtsspezifische, altersunabhängige Katalogisierung mitteleuropäischer Orbitae vorgeschlagen.

Altersabhängige Größenentwicklungen orbitaler Strukturen zu den bestimmten Körperebenen, ermittelt in der CT-gestützten Parametrisierung, sollten beachtet werden.

4. Die Art und Anzahl der gewählten Orbitaparameter wurde, innerhalb des Gemeinschaftsprojektes der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie „Otto Körner“ der medizinischen Fakultät und des Lehrstuhls für Konstruktionstechnik/CAD der Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik der Universität Rostock zur Entwicklung eines generischen Modells der menschlichen Orbita, als ausreichend bewertet.

In der weiterführenden Arbeit von Klein (2009) wird berichtet, dass eine Anzahl von 6 bis 15 Orbitaparametern, zur parametrischen Definition der knöchernen Augenhöhle durch ein generisches Modell, ausreichend ist.

5. Im Vergleich der Messwerte, bestimmt in der dreidimensional CT-gestützten Parametrisierung und dem taktilen Messverfahren fanden sich relevante Längenunterschiede, welche sich im Trend nicht einheitlich darstellten.

Trotz genannter Einschränkungen, flossen CT-gestützt ermittelte und taktil erhobene Messwerte orbitaler Strukturen kombiniert mit anthropometrischen Messdaten von Oehmann (1976) in die Entwicklung des generischen Modells durch Klein (2009) ein.

Orbitale Strukturen, sind in ihrer Beurteilung sehr komplex. Dieser Aspekt verdeutlichte sich in der Auswertung und Analyse der hier ermittelten Messwerte.

Um mögliche kraniofaziale Entwicklungsprozesse präziser beschreiben zu können, sollten orbitale Strukturen bzw. Bereiche zukünftig allein betrachtet werden. Entsprechende Ergebnisse könnten dann in weiterführende Generierungen von virtuellen Modellen fließen.

6. Literaturverzeichnis

1. Ahamd F, Kirkpatrick WN, Lyne J, Urdang M, Garey LJ, Waterhouse N: Strain gauge biochmechanical evaluation of forces in orbital floor fractures. *Br J of Plast Surg.* 2003; 56: 3-9
2. Balzer, JO, Vogl TJ: Orbita. In: Vogl TJ, Freischmidt J: *Handbuch diagnostische Radiologie Bd. 3 Kopf-Hals.* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hongkong, London, Mailand, Paris, Singapur, Tokio, 2001: 188-16
3. Barretto RL, Mathog RH: Orbital measurement in black and white populations. *Laryngoscope.* 1999; 109: 1051-54
4. Bartlett SP, Grossmann RG, Whitaker LA: Age-related changes of the craniofacial skeletal: an anthrpometric and histologic analysis. *Plast Reconstr Surg.* 1992; 90: 592-600
5. Baumrind S, Korn EL, Molthen R, West EE: Changes in facial dimensions associated with the use of forces to retract the maxilla. *Am J Orthod.* 1981; 80: 17-30
6. Beck TJ, Rosenbaum AE, Miller NR: Orbital computed tomography: technical aspects. *Int Ophthalmol Clin.* 1982; 22: 7-43
7. Bentley RP, Sgouros S, Natarjan K, Dover MS, Hockley AD: Normal changes in orbital volume during childhood. *J Neurosurgerey.* 2002; 96: 742-6
8. Berlis A, Putz R, Schumacher M: Direct and CT measurements of canals and foramina of the skull base. *Br J Radiol.* 1992; 65: 653-61

9. Calvacanti, MG, Haller JW, Vannier MW: Three-dimensional computed tomography landmark measurement in craniofacial surgical planning: experimental validation in vitro. *J Oral Maxillofac Surg.* 1999; 57: 690-4
10. Calvacanti, MG, Vannier MW: Quantitative analysis of spiral computed tomography for craniofacial clinical applications. *Dentomaxillofac Radio.* 1998; 27: 344-50
11. Carls FM, Schuknecht B, Sailer HF: Orbital volumetry as a planing principle for reconstruction of the orbital wall. *Fortschr Kiefer Gesichtschir.* 1994; 39: 23-7
12. Citrin, CM: High resolution orbital computed tomography. *J Comp Assist Tomogr.* 1986; 10: 810-6
13. Converse JM, Smith B: Enophthalmos and diplopia in fractures of the orbital floor. *Br J Plast Surg.* 1957; 9: 265-74
14. Computertomographie, Geschichte und Technologie. München: Siemens AG, 2006, Seite 23
15. Cruz AA, Eichenberger GC: Epidemiology and management of orbital fractures. *Curr Opin Ophthalmol.* 2004; 15: 416-21
16. Daniels DL, Pech P, Kay MC, Pojunas K, Williams AL, Haughton VM: Orbital apex: correlative anatomic and CT study. *AJR Am J Roentgenol.* 1985; 145: 1141-46
17. Enlow DH: Handbuch des Gesichtswachstums, überab. Von Enlow, Donald H. Berlin, Chicago, London, Sao Paulo, Tokio: Quintessenz-Verlags-GmbH, 1989
18. Farkas LG: Accuracy of anthropometric measurements: past, present, and future. *Cleft Palate Craniofac J.* 1996; 33: 10-8

19. Farkas LG, Katic MJ, Forrest CR, Alt KW, Bagic I et al.: International anthropometric study of facial morphology in various ethnic groups/races. *J Craniofac Surg.* 2005; 16: 615-46
20. Farkas LG, Posnick JC, Hreczko TM, Pron GE: Growth patterns of the nasolabial region: a morphometric study. *Cleft Palate Craniofac J.* 1992; 29: 318-24
21. Farkas LG, Tompson B, Phillips JH, Katic MJ, Cornfoot ML: Comparison of anthropometric and cephalometric measurements of the adult face. *J Craniofac Surg.* 1999; 10: 18-25
22. Ferrario VF, Sforza C, Colombo A, Schmitz JH, Serrao G: Morphometry of the orbital region: a soft-tissue study from adolescence mid-adulthood. *Plast Reconstr Surg.* 2001; 108: 285-92
23. Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE, Colombo A, Cova M: Effect of growth and development on cephalometric shapes in orthodontic patients: a Fourier analysis. *Eur J. Orthod.* 1997; 19: 669-80
24. Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE, Serrao G, Miani A Jr.: A three-dimensional study of sexual dimorphism in the human face. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1994; 9: 303-10
25. Fischer AL: Isolierte Frakturen der Orbitawände unter besonderer Berücksichtigung der Orbitafrakturen. Inaugural - Dissertation, Universität Rostock, 2002
26. Freihofer HP: Inner intercanthal und interorbital distances. *J. Maxfac Surg.* 1980; 8: 324-6

27. Freund M, Hähnel S, Sartor K: The value of magnetic resonance imaging in the diagnosis of orbital floor fractures. *Eur Radiol.* 2002; 12: 1127-33
28. Fox L, Vannier MW, West OC, Wilson AJ, Baran GA, Pilgram TK: Diagnostic performance of CT, MPR, 3DCT imaging in maxillofacial trauma. *Comput Med Imaging Graph.* 1995; 19: 385-95
29. Fujino T: Experimental "blowout" fracture of the orbit. *Plast Reconstr Surg.* 1974; 54: 81-2
30. Goldberg RA, Hannani K, Toga AW: Microanatomy of the orbital Apex. Computed tomography and microcryoplaning of soft and hard tissue. *Ophthalmology* 1992; 99: 1447-52
31. Gudemann, WE: Bertelsmann Universal Lexikon. Gütersloh: Bertelsmann Lexikon Verlag GmbH, 1991: 871
32. Guthoff, R: Ultraschall in der ophthalmologischen Diagnostik: Ein Leitfaden für die Praxis. Mit einem Beitrag zu den physikalischen Grundlagen von M. Thijssen Ferdinand.- Bd. 117 - Stuttgart: Enke Verlag, 1988: 10-18
33. Hentschel F, Voigt K, u.a.: Schädel - Gehirn - Rückenmark; Anatomie, Embryologie, Schnittbildanatomie, Wachstum, Normvarianten, Missbildungen, Kraniometrie, Morphometrie, Maße, Winkel, Krankheiten. Stuttgart: Thieme-Verlag, 1999: 99-107
34. http://www.immersion.com/digitizer/products/microscribe_g2.php
35. <http://www.toshiba-medical.de/produkte/ct/n-01-aquilion32.php>
36. Hofer M: CT-Kursbuch, mit einem Geleitw. von U. Mödder.- 4., überarb. und erw. Aufl. - Düsseldorf : Verl. Didamed, 2003: 6-13

37. Hoffmann, J, Westendorf C, Adam C, Dammann F, Reinert S: Bedeutung der hochauflösenden 16- und 64-Zeilen-Computertomographie für die Diagnostik von Orbitawandfrakturen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005: 63-67
38. Hosten N: Auge und Orbita: Radiologische Differentialdiagnostik. Stuttgart, New York: Thieme-Verlag, 1995: 3-8.
39. Hounsfield GN: Computerized transverse axial scanning (tomography). 1. Description of system. Br J Radiol. 1973; 46: 1016-22
40. Jank S, Strobl H, Emshoff R, Etzelsdorfer M, Nicasi, A, Missmann, M, Norer, B: Imaging diagnosis of medial and lateral orbital wall fractures. Sonography versus computed tomography. Mund Kiefer Gesichtschir. 2003; 7: 208-13. German
41. Jones DE, Evans JN: „Blow-out“ fractures of the orbit: an investigation into their anatomical basis. J Laryngol and Otol. 1967; 81: 1109-20
42. Jürgens HW, Aune I, Pieper U: Internationaler anthropometrischer Datenatlas. Dortmund: Verlag Tribüne, 1998
43. Kalender WA: Die Computertomographie. Weinheim: Wiley-VCH, 2000
44. Katsumata A, Fujishita M, Maeda M, Ariji Y, Ariji E, Langlais RP: 3D-CT evaluation of facial asymmetry. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2005; 99: 212-20
45. Kearney SE, Garvey CJ: Unravelling the helix - a physican`s guide to spiral computed tomography. Postgrad Med J. 1998; 74: 96-100
46. Klein, H: Generierung parametrischer Geometriemodelle aus Scanndaten am Beispiel der menschlichen Orbita unter Einbeziehung anthropometrischer Betrachtungen. Dissertation, Universität Rostock, 2009

47. Kramp B, Fischer AL, Werner HJ, Schmitz KP, Pau HW: Über die Anatomie und Topographie der Orbita. In: Rochels R, Behrendt S (Hrsg.): Orbita-Chirurgie. Reinbek: Einhorn-Presse Verlag, 1997: 183-93
48. Laine FJ, Conway WF, Laskin DM: Radiology of maxillofacial trauma. Curr Probl Diagn Radiol. 1993; 22: 145-88
49. Lang J: Klinische Anatomie des Kopfes: Neurokranium, Orbita, Kraniocervikaler Übergang. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1981: 1-66.
50. Lang J: Über die Anatomie und Topographie der Orbita. In: Rochels R, Behrendt S (Hrsg.): Orbita-Chirurgie. Reinbek: Einhorn-Presse Verlag, 1997: 14-40.
51. Langen HJ, Daus HJ, Bohndorf K, Klose K: (Conventioneal x-ray study and computed tomography in the diagnosis of orbital fractures. Rofo. 1989; 150: 582-7
52. Lanz T, Wachsmuth W: Praktische Anatomie. Kopf: Gehirn- und Augenschädel: Ein Lehrbuch und Hilfsbuch der anatomischen Grundlagen ärztlichen Handelns. Erster Band, Teil 1. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2004
53. Laurenza D: Leonardo da Vinci: Künstler, Forscher, Ingenieur. Spektrum der Wissenschaft. Heidelberg: Verlagsges., 2001: 54
54. Leblanc, A: Encephalo- Peripheral Nervous System, Vascularisation - Anatomy - Imaging, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2001: 21-40
55. Lee HJ, Jilani M, Frohman L, Baker S: CT of orbital trauma. Emerg Rradiol. 2004; 10: 168-72

56. Lee JS, Lim DW, Lee SH, Oum BS, Kim HJ, Lee HJ: Normative measurements of Korean orbital structures revealed by computerized tomography. *Acta Ophthalmol Scand.* 2001; 79: 197-200
57. Lele S, Richtsmeier JT: Euclidean distance matrix analysis: a coordinate-free approach for comparing biological shapes using landmark data. *Am J Phys Anthropol.* 1991; 86: 415-27
58. Levine RA, Garza J R, Wang PTH, Hurst CL, Dev VR: Adult facial growth: applications to aesthetic surgery. *Aesthetic Plast Surg.* 2003; 27: 265-8
59. Lieb W, Rochels R, Kretschmar K: Sonography and computed tomography in the diagnosis of orbitocranial malformations and tumors. *Neurosurg. Rev.* 1987; 10: 93-101
60. Loewenhardt B, Müller E: *Bildgebende Diagnostik: Technik/Anatomie/Pathologie.- 2. völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage -* Künzler: Wissenschaftlicher Selbstverlag, 2001: 3-6/ 91-07
61. Low WD: The cross-sectional, longitudinal and mixed longitudinal methods in the study of human growth. *Z Morphol Anthropol.* 1970; 62: 249-58
62. Naik MN, Tourani KL, Sekhar GC, Honovar SG: Interpretation of computed tomography imaging of the eye and orbit. A systematic approach. *Indian J Ophthalmol.* 2002; 50: 339-53
63. Ng P, Chu C, Young N, Soo M: Imaging of the orbital floor fractures. *Australas Radiol.* 1996; 40: 264-8
64. Mafee MF, Pruzansky S, Corrales MM, Phatak MG, Valvassori GE, Dobben GD, Capek V: CT in the evaluation of the orbit and the bony interorbital distance. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1986; 7: 265-9

65. Mahnken, AH, Mühlenbruch G, Dohmen G, Kelm M, Wildberger JE, Günther RW: Aktueller Stand der MSCT-Angiografie der Koronararterien. Deutsches Ärzteblatt. 2007; 31-32: 2201-10
66. Mendelson BC, Hartley W, Scott M, Mc Nab A, Granzow JW: Age-related changes of the orbit and midcheek and the implication for facial rejuvenation. Aesthetic Plast Surg. 2007; 31: 419-23
67. Müller-Forell WS: Computed Tomography. In: Müller-Forell WS (Ed.): Imaging of orbital and visual pathway Pathology. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2002: 15-17
68. Oehmann G: Volumen der Orbita und Flächenbestimmungen ihrer Bauteile während der postnatalen Entwicklung (inclusive Canalis opticus). Inaugural-Dissertation, Julius- Maximilians-Universität Würzburg, 1975
69. Ozgen A, Ariyurek M: Normative Measurements of orbital structures using CT. AJR Am J Roentgenol. 1998; 170: 1093-6
70. Papke JM: Über anatomische Grundlagen der Blow-out fractures der Orbita - Beiträge zum Sinus maxillaris insbesondere zum Paries inferior orbitae - Dach des Sinus maxillaris. Inaugural Dissertation, Universität Würzburg, 1983.
71. Parsons GS, Mathog RH: Orbital wall and volume relationships. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 1988; 114: 743-7
72. Pessa JE, Chen Y: Curve analysis of the orbital aperture. Plastic Reconstr Surg. 2003; 109: 751-5

73. Pessa JE: An algorithm of facial aging: verification of Lambros theory by three - dimensional stereolithography, with reference to the pathogenesis of midfacial aging, scleral show, and the lateral suborbital trough deformity. *Plast Reconstr Surg.* 2000; 106: 479-88
74. Pessa JE: An algorithm of facial aging: verification of Lambros theory by three - dimensional stereolithography, with reference to the pathogenesis of midfacial aging, scleral show, and the lateral suborbital trough deformity. *Plast Reconstr Surg.* 2000; 106: discussion 489-90
75. Pessa JE, Desvigne LD, Lambros VS, Nimmerick J, Suguam BA, Zadoo VP: Changes in ocular globe-to-orbital rim position with age: implications for aesthetic blepharoplasty of the lower eyelids. *Aesthetic Plast Surg.* 1999; 23: 337-42
76. Pessa JE, Zadoo VP, Yuan C, Ayedelotte JD, Cuellar FJ, Cochran CS, Mutimer KL, Garza JR: Concertina effect and facial aging: nonlinear aspects of youthfulness and skeletal remodeling, and why, perhaps infants have jowls. *Plast Reconstr Surg.* 1999; 103: 635-44
77. Ploder O, Klug C, Voracek M, Burggasser G, Czerny C: Evaluation of computer-based area and volume measurement from coronal computed tomography scans in isolated blowout fractures of the orbita floor. *J of Oral and Maxillofac Surg.* 2002; 60: 1267-72
78. Radü EW: Computertomografie des Kopfes: techn. Grundlagen - Interpretation - Klinik.- 2. überarb. u. erw. Aufl. - Stuttgart, New York: Thieme- Verlag, 1987: 1-21
79. Raustia AM, Phytine J: Morphology of the condyles and mandibular fossa as seen by computed tomography. *J Prosthet Dent.* 1990; 63: 77-82

80. Richtsmeier JT, Paik CH, Elfert PC, Cole TM 3rd, Dahlmann HR: Precision, repeatability, and validation of the localization of cranial landmarks using computed tomography scans. *Cleft Palate Craniofac J.* 1995; 32: 217-27
81. Rossi M, Ribeiro E, Smith R: Craniofacial asymmetry in development: an anatomical study. *Angle Orthd.* 2003; 73: 381-5
82. Schiebler TH, Schmidt, W: Anatomie, Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie des Menschen.- 8. Auflage - Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2002
83. Schleyer F, Ihm P, Bensch W: Sexual dimorphism of outlines of the osseous orbit. *Z. Rechtsmed.* 1971; 69: 168-72. German
84. Schuknecht B, Carls F, Valavanis A, Sailer HF: CT assessment of orbital injury in late post-traumatic enophthalmus. *Neuroradiology.* 1996; 38: 470-5
85. Schultz E, Felix R, Lackner K, Bergeder HD, Thurn P: (Image characteristics of the computer tomograph (author's transl)) *Rofo.* 1979; 130: 479-86
86. Schneider D: Epidemiologische, klinische und experimentelle Untersuchungen zur Problematik der Blow-out-Frakturen des Orbitabodens. Habilitation, Universität Halle, 1987
87. Schutte S, van-den-Bedem SP, van Keulen F, van der Helm FC, Simonz HJ: A finite-element analysis model of orbital biomechanics. *Vision Res.* 46: 2006; 46: 1724-31
88. Senftleben B: Radiologische Diagnostik für MTRA und medizinisches Personal, Computertomographie.- 3.Auflage- Berlin: BS-Verlag, 2003: 43-46

89. Sheikh M, Abalkhali S, Doi SA, Al-Shoumer KA: Normal measurement of orbital structures: implications for the assessment of the Graves' ophthalmopathy. *Australas Radiol.* 2007; 51: 253-6
90. Suzuki H, Furukawa M, Takahashi E, Matsuura K: Barotraumatic blowout fracture of the orbit. *Auris Nasus Larynx.* 2001; 28: 257-9
91. Tao H, Ma Z, Dai P, Jiang L: Computer-aided three-dimensional reconstruction and measurement of the optic canal and intracanalicular structures. *Laryngoscope.* 1999; 109: 1499-502
92. Togashi K, Kitaura H, Yonetsu K, Yoshida N, Nakamura T: Three-dimensional cephalometry using helical computer tomography: measurement error caused by head inclination. *Angle Orthod.* 2002; 72: 513-20
93. Tadmor R, New PF: Computed tomography of the orbit with special emphasis on coronal sections: Part I. Normal anatomy. *J Comput Assist Tomogr.* 1978; 2: 24-34
94. Waitzman AA, Posnick JC, Armstrong DC, Pron GE: Craniofacial skeletal measurements based on computed tomography: Part I. Accuracy and reproducibility. *Cleft Palate Craniofac J.* 1992; 29: 113-17
95. Waitzman AA, Posnick JC, Armstrong DC, Pron GE: Craniofacial skeletal measurements based on computed tomography: Part II. Normal values and growth trends. *Cleft Palate Craniofacial J.* 1992; 29: 118-28
96. Waterhouse N, Lyne J, Urdang M, Garey L: An investigation into the mechanism of orbital blowout fractures. *Br J Plast Surg.* 1999; 52: 607-12

97. Warwar RE, Bullock JD, Balla DR, Ballal RD: Mechanism of orbital floor fractures: a clinical, experimental, and theoretical study. *Ophthal Plast Reconstr Surg.* 2000; 16: 188-200
98. Wiegand W: Kernspintomographie von Auge, Orbita und Sehnerv: Grundlagen, klinische Anwendungsmöglichkeiten, Ergebnisse.- Bd. 122 - Stuttgart: Enke Verlag, 1990
99. Wolf E: The anatomy of the eye and orbit - Chapter 1: The Bony Orbit and Paranasal Sinuses. London, 1958; 4
100. Yune HY: Two-dimensional-three-dimensional reconstruction computed tomography techniques. *Dent Clin North Am.* 1993; 37: 613-26
101. Zadoo VP, Pessa JE: Biological arches and changes to the curvelinear form of the aging maxilla. *Plast Reconstr Surg.* 2000; 106: 460-6; discussion: 467-8
102. Zizelmann C, Schramm R, Schön R, Ridder G J, Maier W, Schipper J, Gellrich NC: (Computer assisted methods in reconstructive and function-preserving orbital surgery. New capabilities of computer assisted preoperative surgical planning (CAPP) and computer assisted surgery (CAS)). *HNO.* 2005; 53: 428-38.
German

7. Anhang

7.1. Parametrisierung der Orbita in tabellarischer Übersicht

Tab. 2: Definition der Orbitaparameter (CT-gestützte Parametrisierung)

Messpunkt	Orbitaparameter	Definition der Orbitaparameter
Nummer 1	Orbitatiefe in der Ebene 1	Verbindung zwischen Hälfte der Orbitabreite und dem hintersten Punkt der medialen Orbitawand, der knöchernen Orbitaspitze (axiale Schichtung). Unterteilung der Orbitatiefe in 5 gleiche Teile, diese entsprechen den Ebenen 1 bis 6.
Nummer 2	Orbitabreite in der Ebene 1	Horizontale vom randständigen Eckpunkt der Sutura frontozygomatica zum medialen Orbitarand in Ebene 1 (axiale, coronare Schnittführung).
Nummer 3	Orbitabreite in der Ebene 2	Weitere Bestimmungen der Orbitabreite in den Ebenen 2 bis 6.
Nummer 4	Orbitabreite in der Ebene 3	
Nummer 5	Orbitabreite in der Ebene 4	
Nummer 6	Orbitabreite in der Ebene 5	
Nummer 7	Orbitabreite in der Ebene 6	
Nummer 8	Abstandsvermessung Orbitabreite/Schädelmedianen in der Ebene 1	Kürzester Abstand der Orbitabreite zur Schädelmedianen in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 9	Abstandsvermessung Orbitabreite/Schädelmedianen in der Ebene 2	Weitere Bestimmungen des Abstandes in den Ebenen 2 bis 6.
Nummer 10	Abstandsvermessung Orbitabreite/Schädelmedianen in der Ebene 3	
Nummer 11	Abstandsvermessung Orbitabreite/Schädelmedianen in der Ebene 4	
Nummer 12	Abstandsvermessung Orbitabreite/Schädelmedianen in der Ebene 5	
Nummer 13	Abstandsvermessung Orbitabreite/Schädelmedianen in der Ebene 6	
Nummer 14	Abstandsvermessung Orbitabreite/Horizontalebene in der Ebene 1	Senkrechte von der Orbitabreite zur Horizontalebene in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 15	Abstandsvermessung Orbitabreite/Horizontalebene in der Ebene 2	Weitere Bestimmungen des Abstandes in den Ebenen 2 bis 6.
Nummer 16	Abstandsvermessung Orbitabreite/Horizontalebene in der Ebene 3	
Nummer 17	Abstandsvermessung Orbitabreite/Horizontalebene in der Ebene 4	

Messpunkt	Orbitaparameter	Definition der Orbitaparameter
Nummer 18	Abstandsvermessung Orbitabreite/Horizontalebene in der Ebene 5	
Nummer 19	Abstandsvermessung Orbitabreite/Horizontalebene in der Ebene 6	
Nummer 20	Abstandsvermessung Orbitabreite/Frontalebene in der Ebene 1	Gerade von der Orbitabreite zur Frontalebene in Ebene 1 (axiale, coronare Schnittführung).
Nummer 21	Abstandsvermessung Orbitabreite/Frontalebene in der Ebene 2	Weitere Bestimmungen des Abstandes in den Ebenen 2 bis 6.
Nummer 22	Abstandsvermessung Orbitabreite/Frontalebene in der Ebene 3	
Nummer 23	Abstandsvermessung Orbitabreite/Frontalebene in der Ebene 4	
Nummer 24	Abstandsvermessung Orbitabreite/Frontalebene in der Ebene 5	
Nummer 25	Abstandsvermessung Orbitabreite/Frontalebene in der Ebene 6	
Nummer 26	Orbitahöhe in der Ebene 1	Senkrechte auf der Hälfte der Orbitabreite in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 27	Orbitahöhe in der Ebene 2	Weitere Bestimmungen der Orbitahöhe in den Ebenen 2 bis 6.
Nummer 28	Orbitahöhe in der Ebene 3	
Nummer 29	Orbitahöhe in der Ebene 4	
Nummer 30	Orbitahöhe in der Ebene 5	
Nummer 31	Orbitahöhe in der Ebene 6	
Nummer 32	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Schädelmedianen in der Ebene 1	Horizontale von der Orbitahöhe zur Schädelmedianen (coronare Schnittführung).
Nummer 33	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Schädelmedianen in der Ebene 2	Weitere Bestimmungen der Horizontalen in den Ebenen 2 bis 6.
Nummer 34	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Schädelmedianen in der Ebene 3	
Nummer 35	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Schädelmedianen in der Ebene 4	
Nummer 36	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Schädelmedianen in der Ebene 5	
Nummer 37	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Schädelmedianen in der Ebene 6	
Nummer 38	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Horizontalebene in der Ebene 1	Kürzester Abstand der Orbitahöhe zur Horizontalebene (coronare Schnittführung).
Nummer 39	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Horizontalebene in der Ebene 2	Weitere Bestimmungen des Abstandes in den Ebenen 2 bis 6.
Nummer 40	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Horizontalebene in der Ebene 3	

Messpunkt	Orbitaparameter	Definition der Orbitaparameter
Nummer 41	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Horizontalebene in der Ebene 4	
Nummer 42	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Horizontalebene in der Ebene 5	
Nummer 43	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Horizontalebene in der Ebene 6	
Nummer 44	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Frontalebene in der Ebene 1	Gerade von der Orbitahöhe zur Frontalebene (axiale, coronare Schnittführung).
Nummer 45	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Frontalebene in der Ebene 2	Weitere Bestimmungen dieser Geraden in den Ebenen 2 bis 6.
Nummer 46	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Frontalebene in der Ebene 3	Die Abstandsvermessungen stimmen mit den Abstandsvermessungen Orbitabreite/Frontalebene überein.
Nummer 47	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Frontalebene in der Ebene 4	
Nummer 48	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Frontalebene in der Ebene 5	
Nummer 49	Abstandsvermessung Orbitahöhe/Frontalebene in der Ebene 6	
Nummer 50	Diagonale 30° in der Ebene 1	Unterteilung der Orbita in 30° Winkelabschnitte in den Ebenen 1 bis 6 (coronare Schnittführung) 30° Punkt.
Nummer 51	Diagonale 30° in der Ebene 2	Bestimmungen der Diagonalen ausgehend vom 30° Punkt durch den Augenmittelpunkt in den Ebenen 1 bis 6.
Nummer 52	Diagonale 30° in der Ebene 3	
Nummer 53	Diagonale 30° in der Ebene 4	
Nummer 54	Diagonale 30° in der Ebene 5	
Nummer 55	Diagonale 30° in der Ebene 6	
Nummer 56	Diagonale 60° in der Ebene 1	Unterteilung der Orbita in 30° Winkelabschnitte in den Ebenen 1 bis 6 (coronare Schnittführung) 60° Punkt.
Nummer 57	Diagonale 60° in der Ebene 2	Bestimmungen der Diagonalen ausgehend vom 60° Punkt durch den Augenmittelpunkt in den Ebenen 1 bis 6.
Nummer 58	Diagonale 60° in der Ebene 3	
Nummer 59	Diagonale 60° in der Ebene 4	
Nummer 60	Diagonale 60° in der Ebene 5	
Nummer 61	Diagonale 60° in der Ebene 6	
Nummer 62	Diagonale 120° in der Ebene 1	Unterteilung der Orbita in 30° Winkelabschnitte in den Ebenen 1 bis 6 (coronare Schnittführung) 120° Punkt.
Nummer 63	Diagonale 120° in der Ebene 2	Bestimmungen der Diagonalen ausgehend vom 120° Punkt durch den Augenmittelpunkt in den Ebenen 1 bis 6.
Nummer 64	Diagonale 120° in der Ebene 3	

Messpunkt	Orbitaparameter	Definition der Orbitaparameter
Nummer 65	Diagonale 120° in der Ebene 4	
Nummer 66	Diagonale 120° in der Ebene 5	
Nummer 67	Diagonale 120° in der Ebene 6	
Nummer 68	Diagonale 150° in der Ebene 1	Unterteilung der Orbita in 30° Winkelabschnitte in den Ebenen 1 bis 6 (coronare Schnittführung) 150° Punkt.
Nummer 69	Diagonale 150° in der Ebene 2	Bestimmungen der Diagonalen ausgehend vom 150° Punkt durch den Augenmittelpunkt in den Ebenen 1 bis 6.
Nummer 70	Diagonale 150° in der Ebene 3	
Nummer 71	Diagonale 150° in der Ebene 4	
Nummer 72	Diagonale 150° in der Ebene 5	
Nummer 73	Diagonale 150° in der Ebene 6	
Nummer 74	Abstandsvermessung Diagonale 30°/Schädelmediane in der Ebene 1	Horizontale vom 30° Punkt der Diagonalenvermessung zur Schädelmedianen in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 75	Abstandsvermessung Diagonale 60°/Schädelmediane in der Ebene 1	Horizontale vom 60° Punkt der Diagonalenvermessung zur Schädelmedianen in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 76	Abstandsvermessung Diagonale 120°/Schädelmediane in der Ebene 1	Horizontale vom 120° Punkt der Diagonalenvermessung zur Schädelmedianen in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 77	Abstandsvermessung Diagonale 150°/Schädelmediane in der Ebene 1	Horizontale vom 150° Punkt der Diagonalenvermessung zur Schädelmedianen in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 78	Abstandsvermessung Diagonale 210°/Schädelmediane in der Ebene 1	Horizontale vom 210° Punkt der Diagonalenvermessung zur Schädelmedianen in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 79	Abstandsvermessung Diagonale 240°/Schädelmediane in der Ebene 1	Horizontale vom 240° Punkt der Diagonalenvermessung zur Schädelmedianen in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 80	Abstandsvermessung Diagonale 300°/Schädelmediane in der Ebene 1	Horizontale vom 300° Punkt der Diagonalenvermessung zur Schädelmedianen in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 81	Abstandsvermessung Diagonale 330°/Schädelmediane in der Ebene 1	Horizontale vom 330° Punkt der Diagonalenvermessung zur Schädelmedianen in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 82	Abstandsvermessung Diagonale 30°/Horizontalebene in der Ebene 1	Senkrechte vom 30° Punkt der Diagonalenvermessung zur Horizontalebene in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 83	Abstandsvermessung Diagonale 60°/Horizontalebene in der Ebene 1	Senkrechte vom 60° Punkt der Diagonalenvermessung zur Horizontalebene in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 84	Abstandsvermessung Diagonale 120°/Horizontalebene in der Ebene 1	Senkrechte vom 120° Punkt der Diagonalenvermessung zur Horizontalebene in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 85	Abstandsvermessung Diagonale 150°/Horizontalebene in der Ebene 1	Senkrechte vom 150° Punkt der Diagonalenvermessung zur Horizontalebene in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 86	Abstandsvermessung Diagonale 210°/Horizontalebene in der Ebene 1	Senkrechte vom 210° Punkt der Diagonalenvermessung zur Horizontalebene in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 87	Abstandsvermessung Diagonale 240°/Horizontalebene in der Ebene 1	Senkrechte vom 240° Punkt der Diagonalenvermessung zur Horizontalebene in Ebene 1 (coronare Schnittführung).

Messpunkt	Orbitaparameter	Definition der Orbitaparameter
Nummer 88	Abstandsvermessung Diagonale 300°/Horizontalebene in der Ebene 1	Senkrechte vom 300° Punkt der Diagonalenvermessung zur Horizontalebene in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 89	Abstandsvermessung Diagonale 330°/Horizontalebene in der Ebene 1	Senkrechte vom 330° Punkt der Diagonalenvermessung zur Horizontalebene in Ebene 1 (coronare Schnittführung).
Nummer 90	Abstandsvermessung Diagonale 30°/Frontalebene in der Ebene 1	Gerade vom 30° Punkt der Diagonalenvermessung zur Frontalebene in Ebene 1 (axiale, coronare Schnittführung).
Nummer 91	Abstandsvermessung Diagonale 60°/Frontalebene in der Ebene 1	Gerade vom 60° Punkt der Diagonalenvermessung zur Frontalebene in Ebene 1 (axiale, coronare Schnittführung).
Nummer 92	Abstandsvermessung Diagonale 120°/Frontalebene in der Ebene 1	Gerade vom 120° Punkt der Diagonalenvermessung zur Frontalebene in Ebene 1 (axiales, coronares Schnittführung).
Nummer 93	Abstandsvermessung Diagonale 150°/Frontalebene in der Ebene 1	Gerade vom 150° Punkt der Diagonalenvermessung zur Frontalebene in Ebene 1 (axiale, coronare Schnittführung).
Nummer 94	Abstandsvermessung Diagonale 210°/Frontalebene in der Ebene 1	Gerade vom 210° Punkt der Diagonalenvermessung zur Frontalebene in Ebene 1 (axiale, coronare Schnittführung).
Nummer 95	Abstandsvermessung Diagonale 240°/Frontalebene in der Ebene 1	Gerade vom 240° Punkt der Diagonalenvermessung zur Frontalebene in Ebene 1 (axiale, coronare Schnittführung).
Nummer 96	Abstandsvermessung Diagonale 300°/Frontalebene in der Ebene 1	Gerade vom 300° Punkt der Diagonalenvermessung zur Frontalebene in Ebene 1 (axiale, coronare Schnittführung).
Nummer 97	Abstandsvermessung Diagonale 330°/Frontalebene in der Ebene 1	Gerade vom 330° Punkt der Diagonalenvermessung zur Frontalebene in Ebene 1 (axiale, coronare Schnittführung).
Nummer 98	Canalis opticus (orbitaler Anteil) Breite	Horizontale zwischen dem vordersten Punkt der lateralen Wand des Opticuseinganges zur medialen Wand (coronare Schnittführung).
Nummer 99	Abstandsvermessung Canalis opticus (orbitaler Anteil) Breite/Schädelmediane	Kürzester Abstand Canalis opticus (orbitaler Anteil) Breite zur Schädelmedianen (coronare Schnittführung).
Nummer 100	Abstandsvermessung Canalis opticus (orbitaler Anteil) Breite/ Horizontalebene	Senkrechte von der Canalis opticus (orbitaler Anteil) Breite zur Horizontalebene (coronare Schnittführung).
Nummer 101	Abstandsvermessung Canalis opticus (orbitaler Anteil) Breite /Frontalebene	Gerade von der Canalis opticus (orbitaler Anteil) Breite zur Frontalebene (axiale/coronare Schnittführung).
Nummer 102	Canalis opticus (orbitaler Anteil) Höhe	Senkrechte auf der Hälfte der Canalis opticus (orbitaler Anteil) Höhe (coronare Schnittführung)
Nummer 103	Abstandsvermessung „vordere Canalis opticus Höhe“/Schädelmediane	Horizontale von der „vorderen Canalis opticus Höhe“ zur Schädelmedianen (coronare Schichtung).
Nummer 104	Abstandsvermessung Canalis opticus (orbitaler Anteil) Höhe/Horizontalebene	Kürzester Abstand der Canalis opticus (orbitaler Anteil) Höhe zur Horizontalebene (coronare Schnittführung).
Nummer 105	Abstandsvermessung Canalis opticus (orbitaler Anteil) Höhe/Frontalebene	Gerade von der Canalis opticus (orbitaler Anteil) Höhe zur Frontalebene (axiale/coronare Schnittführung).
Nummer 106	Orbitabreitenvermessung in Anlehnung an die wissenschaftliche Studie Waitzmann et al 1992	Distanz zwischen dem vordersten Eckpunkt der lateralen Orbitawand (Os zygomaticum) und der medialen Orbitawand Vermessung der Orbitabreite im axialen Schichtbild mit Darstellung des Bulbus, des Nervus opticus, den Cellulae ethoidales, dem M. rectus medialis und lateralis, dem Os nasale und dem höchsten Eckpunkt des Processus frontalis des Os zygomaticum (axiale Schnittführung).
Nummer 107	maximale Orbitabreite in der Orbitaeingangsebene	Maximale Horizontale in der Orbitaeingangsebene (dreidimensionale Vermessung).
Nummer 108	maximale Orbithöhe in der Orbitaeingangsebene	Maximale Senkrechte auf der Hälfte der maximalen Orbitabreite in der Orbitaeingangsebene (dreidimensionale Vermessung).

Messpunkt	Orbitaparameter	Definition der Orbitaparameter
Nummer 109	maximale Diagonale 45° in der Orbitaeingangsebene	Unterteilung der Orbita in Winkelabschnitte von je 45° in der Orbitaeingangsebene (dreidimensionale Vermessung).
Nummer 110	maximale Diagonale 135° in der Orbitaeingangsebene	Siehe oben.

7.2. Darstellung der Ergebnisse in tabellarischer und grafischer Übersicht

7.2.1. Orbitatiefe in der Ebene 1

7.2.1.1. Ergebnisse der Orbitatiefenvermessung

Tab. 3: Statistische Auswertung der Orbitatiefenvermessung in der Ebene 1 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Orbitatiefe Ebene 1
1	männlich	Mittelwert	32,0930
		Median	33,2400
		Standardabweichung	4,68355
		Spannweite	17,42
		Minimum	20,65
		Maximum	38,07
	weiblich	Mittelwert	29,3200
		Median	29,3200
		Standardabweichung	4,62448
		Spannweite	6,54
2	männlich	Mittelwert	32,8230
		Median	32,2200
		Standardabweichung	3,41710
		Spannweite	9,18
		Minimum	28,14
		Maximum	37,32
	weiblich	Mittelwert	34,2414
		Median	34,1900
		Standardabweichung	2,06446
		Spannweite	6,31
3	männlich	Mittelwert	34,2380
		Median	36,2350
		Standardabweichung	4,44718
		Spannweite	12,01
		Minimum	27,91
		Maximum	39,92
	weiblich	Mittelwert	30,6860
		Median	29,4000
		Standardabweichung	5,71308
		Spannweite	15,50
		Minimum	22,92
		Maximum	38,42

7.2.2. Orbitabreite

7.2.2.1. Verteilung und Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung

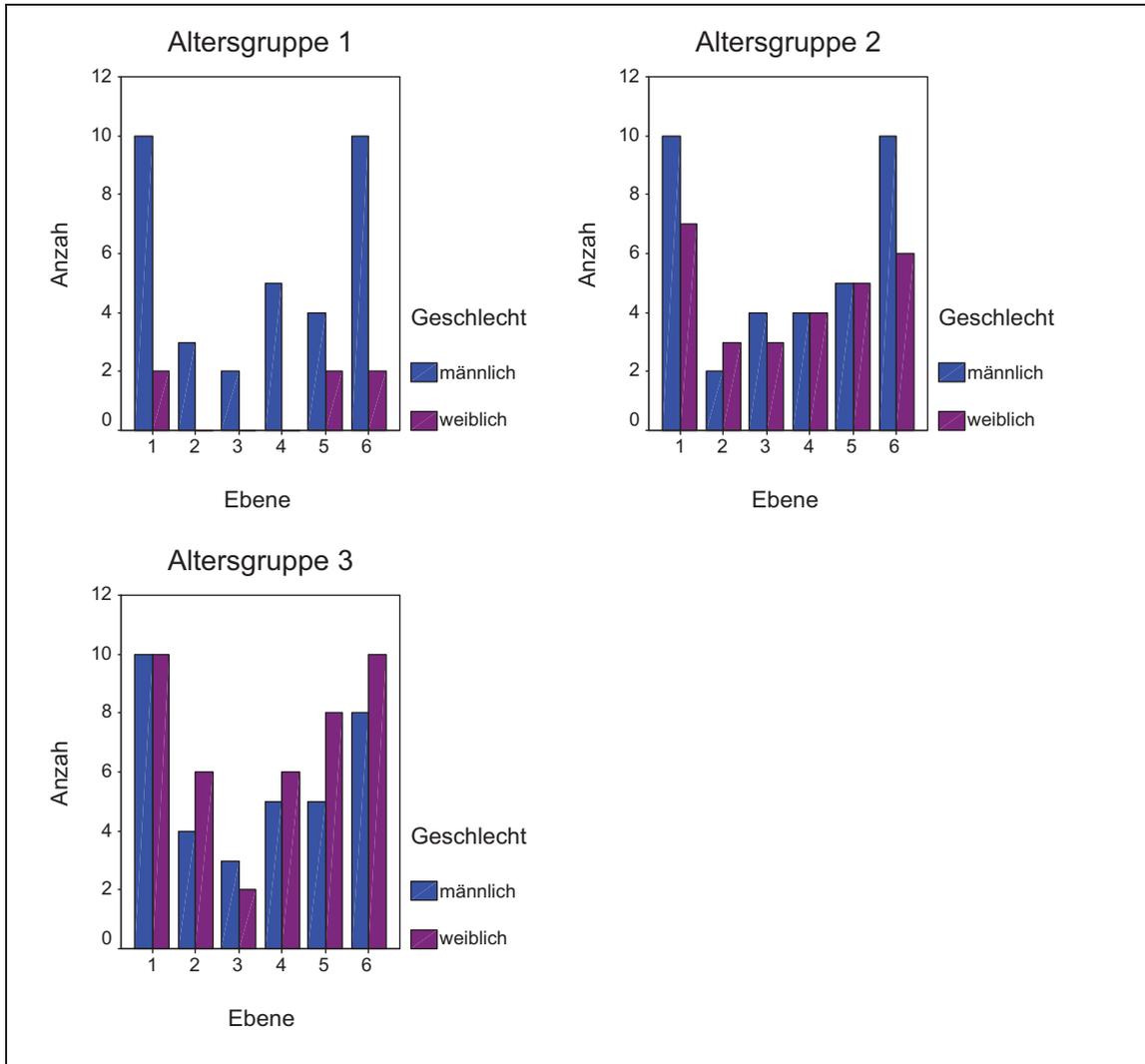


Abb. 17.1: Orbitabreitenverteilung in den Ebenen 1-6, in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Tab. 4.2: Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung in den Ebenen 1-6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Orbitabreite Ebene 1	Orbitabreite Ebene 2	Orbitabreite Ebene 3	Orbitabreite Ebene 4	Orbitabreite Ebene 5	Orbitabreite Ebene 6
1	männlich	Mittelwert	35,8450	33,0033	30,2800	22,1600	15,6875	9,3740
		Median	36,2400	33,0100	30,2800	21,5300	15,7000	7,5450
		Standardabweichung	2,15109	1,02002	2,33345	3,54920	5,05770	4,96263
		Spannweite	7,05	2,04	3,30	8,76	9,83	15,76
		Minimum	32,13	31,98	28,63	19,16	10,76	4,69
		Maximum	39,18	34,02	31,93	27,92	20,59	20,45
	weiblich	Mittelwert	34,8200				13,8450	4,8100
		Median	34,8200				13,8450	4,8100
		Standardabweichung	1,17380				,31820	,59397
		Spannweite	1,66				,45	,84
		Minimum	33,99				13,62	4,39
		Maximum	35,65				14,07	5,23
2	männlich	Mittelwert	35,6330	33,0800	27,2025	25,6375	18,7560	9,7620
		Median	35,7700	33,0800	27,2800	25,7200	16,9100	8,7850
		Standardabweichung	,97925	1,68291	3,58246	3,57293	4,24977	4,11195
		Spannweite	2,85	2,38	8,69	6,93	9,31	10,28
		Minimum	34,30	31,89	22,78	22,09	14,53	5,13
		Maximum	37,15	34,27	31,47	29,02	23,84	15,41
	weiblich	Mittelwert	34,2829	31,0400	27,4533	20,6500	13,5980	6,7033
		Median	34,2400	31,1400	27,2200	19,8850	12,8200	5,9950
		Standardabweichung	,78023	,37027	1,88089	2,20114	2,70880	1,85147
		Spannweite	2,41	,72	3,74	4,89	6,31	4,32
		Minimum	33,51	30,63	25,70	18,97	10,20	4,82
		Maximum	35,92	31,35	29,44	23,86	16,51	9,14
3	männlich	Mittelwert	35,9690	34,1500	31,6267	25,9660	18,9380	7,4800
		Median	36,2200	34,5750	31,2000	26,6700	20,5800	7,9600
		Standardabweichung	1,58410	1,67728	,86310	3,01274	3,71263	2,12967
		Spannweite	5,23	3,89	1,56	7,73	8,40	6,18
		Minimum	33,02	31,78	31,06	22,35	14,76	3,45
		Maximum	38,25	35,67	32,62	30,08	23,16	9,63
	weiblich	Mittelwert	33,8830	31,8983	30,1900	24,5717	16,8300	8,6120
		Median	34,0450	32,2250	30,1900	24,3900	15,7200	8,2950
		Standardabweichung	1,25042	1,06293	,60811	2,37701	3,80335	3,82986
		Spannweite	3,84	3,06	,86	6,40	11,48	12,92
		Minimum	31,98	29,87	29,76	21,48	12,64	3,11
		Maximum	35,82	32,93	30,62	27,88	24,12	16,03

7.2.2.2. Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung im Abstand zu den Körperebenen

Körperebene: Schädelmediane**Tab. 4.3:** Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung als kürzester Abstand zur Schädelmedianen in den Ebenen 1- 6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Abstand Ebene 1	Abstand Ebene 2	Abstand Ebene 3	Abstand Ebene 4	Abstand Ebene 5	Abstand Ebene 6
1	männlich	Mittelwert	13,5250	15,2300	14,5800	17,5720	16,7975	18,1470
		Median	13,2050	14,1100	14,5800	18,5700	14,5800	16,8450
		Standardabweichung	1,75311	2,83132	,52326	4,16256	5,51704	4,21552
		Spannweite	4,93	5,32	,74	10,59	11,91	12,43
		Minimum	11,30	13,13	14,21	12,29	13,06	13,64
		Maximum	16,23	18,45	14,95	22,88	24,97	26,07
	weiblich	Mittelwert	13,8100				17,4650	18,9650
		Median	13,8100				17,4650	18,9650
		Standardabweichung	,52326				4,90025	6,76701
		Spannweite	,74				6,93	9,57
		Minimum	13,44				14,00	14,18
		Maximum	14,18				20,93	23,75
2	männlich	Mittelwert	13,2500	14,6850	15,4075	14,3350	15,0620	16,5890
		Median	13,6850	14,6850	15,4200	13,7350	13,4300	15,8800
		Standardabweichung	1,54873	,95459	2,04023	2,78075	3,30364	2,46445
		Spannweite	5,01	1,35	4,35	6,27	8,18	7,64
		Minimum	10,38	14,01	13,22	11,80	12,13	13,18
		Maximum	15,39	15,36	17,57	18,07	20,31	20,82
	weiblich	Mittelwert	11,9657	12,0267	12,2733	11,8175	13,1920	14,0667
		Median	11,8300	12,3700	12,8500	11,5750	11,4200	13,5400
		Standardabweichung	1,89008	2,73123	3,39197	2,10305	3,14272	2,86712
		Spannweite	4,67	5,43	6,71	5,08	7,59	7,80
		Minimum	9,90	9,14	8,63	9,52	10,41	11,35
		Maximum	14,57	14,57	15,34	14,60	18,00	19,15
3	männlich	Mittelwert	13,8180	13,7825	14,5333	15,7060	16,4000	17,2675
		Median	13,7850	13,4200	14,6900	15,0800	16,3800	16,5800
		Standardabweichung	1,50172	1,74840	2,47872	1,36652	2,35953	3,32870
		Spannweite	5,19	4,01	4,95	3,23	6,48	10,19
		Minimum	10,60	12,14	11,98	14,69	12,77	12,93
		Maximum	15,79	16,15	16,93	17,92	19,25	23,12
	weiblich	Mittelwert	13,2100	13,0783	13,6050	15,0417	16,5675	18,7120
		Median	12,6650	12,9500	13,6050	14,6650	16,5550	18,8900
		Standardabweichung	1,23731	,63304	,03536	,94719	1,12385	1,98564
		Spannweite	3,46	1,86	,05	2,13	2,88	6,80
		Minimum	11,81	12,33	13,58	14,19	15,08	14,50
		Maximum	15,27	14,19	13,63	16,32	17,96	21,30

Körperebene: Horizontalebene

Tab. 4.4: Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung im Abstand zur Horizontalebene in den Ebenen 1- 6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Abstand Ebene 1	Abstand Ebene 2	Abstand Ebene 3	Abstand Ebene 4	Abstand Ebene 5	Abstand Ebene 6
1	männlich	Mittelwert	25,9230	25,1000	24,0950	25,8260	26,1475	25,9230
		Median	25,8850	24,5100	24,0950	26,0300	26,0400	25,8850
		Standardabweichung	1,29914	1,78950	,58690	1,07503	1,67592	1,29914
		Spannweite	4,32	3,43	,83	2,60	3,49	4,32
		Minimum	23,68	23,68	23,68	24,51	24,51	23,68
		Maximum	28,00	27,11	24,51	27,11	28,00	28,00
	weiblich	Mittelwert	24,1750				24,1750	24,1750
		Median	24,1750				24,1750	24,1750
		Standardabweichung	1,08187				1,08187	1,08187
		Spannweite	1,53				1,53	1,53
		Minimum	23,41				23,41	23,41
		Maximum	24,94				24,94	24,94
2	männlich	Mittelwert	26,7260	29,1950	24,6125	26,0325	26,4240	26,7260
		Median	26,6600	29,1950	24,6600	25,6200	25,7100	26,6600
		Standardabweichung	2,31213	1,87383	1,17543	2,51648	2,31851	2,31213
		Spannweite	7,10	2,65	2,29	6,05	6,05	7,10
		Minimum	23,42	27,87	23,42	23,42	23,42	23,42
		Maximum	30,52	30,52	25,71	29,47	29,47	30,52
	weiblich	Mittelwert	23,7557	24,4067	24,3867	24,0050	24,5520	23,5167
		Median	23,9600	23,9600	25,1900	25,3250	25,1900	23,8800
		Standardabweichung	2,09421	,91571	1,63084	2,85599	1,31676	2,18697
		Spannweite	5,91	1,66	2,95	5,91	3,13	5,91
		Minimum	19,73	23,80	22,51	19,73	22,51	19,73
		Maximum	25,64	25,46	25,46	25,64	25,64	25,64
3	männlich	Mittelwert	27,3340	27,9325	28,3875	27,3175	27,4500	26,4863
		Median	27,2500	27,8750	27,8750	26,9400	26,7300	26,4200
		Standardabweichung	2,81286	1,79852	2,53251	3,35995	3,03393	2,40831
		Spannweite	8,75	3,76	5,58	7,99	7,99	6,93
		Minimum	22,94	26,11	26,11	23,70	23,70	22,94
		Maximum	31,69	29,87	31,69	31,69	31,69	29,87
	weiblich	Mittelwert	24,9730	25,7350	26,1100	25,2867	25,3175	24,9730
		Median	24,4750	24,8750	26,1100	24,8750	24,8750	24,4750
		Standardabweichung	2,01605	2,12286	2,58801	1,39671	2,10083	2,01605
		Spannweite	6,16	5,20	3,66	3,75	6,16	6,16
		Minimum	22,66	23,62	24,28	24,19	22,66	22,66
		Maximum	28,82	28,82	27,94	27,94	28,82	28,82

Körperebene: Frontalebene

Tab. 4.5: Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung im Abstand zur Frontalebene in den Ebenen 1- 6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Abstand Ebene 1	Abstand Ebene 2	Abstand Ebene 3	Abstand Ebene 4	Abstand Ebene 5	Abstand Ebene 6
1	männlich	Mittelwert	21,2820	28,3033	31,5800	39,9120	46,0975	50,2790
		Median	20,8950	29,3500	31,5800	39,4000	45,9350	50,8450
		Standardabweichung	1,87334	3,64452	5,37401	3,17011	4,10726	5,02684
		Spannweite	5,65	7,06	7,60	8,39	9,30	18,39
		Minimum	19,12	24,25	27,78	35,99	41,61	38,37
		Maximum	24,77	31,31	35,38	44,38	50,91	56,76
	weiblich	Mittelwert	20,9000				42,4750	47,6500
		Median	20,9000				42,4750	47,6500
		Standardabweichung	2,55973				4,90025	4,59619
		Spannweite	3,62				6,93	6,50
		Minimum	19,09				39,01	44,40
		Maximum	22,71				45,94	50,90
2	männlich	Mittelwert	20,7810	26,0350	34,6150	40,1900	44,1460	50,2170
		Median	20,9950	26,0350	35,0300	40,8550	43,5200	50,2950
		Standardabweichung	3,05379	5,05581	2,45458	3,58808	3,13431	4,34626
		Spannweite	8,90	7,15	5,54	8,01	8,33	15,23
		Minimum	15,44	22,46	31,43	35,52	40,85	41,87
		Maximum	24,34	29,61	36,97	43,53	49,18	57,10
	weiblich	Mittelwert	21,2429	29,0500	32,3367	39,5350	44,9580	51,5317
		Median	21,8400	28,1400	33,2200	39,5450	44,2100	51,3850
		Standardabweichung	3,70593	1,62840	3,52891	1,32016	2,03172	2,20625
		Spannweite	11,25	2,85	6,89	2,91	4,95	5,04
		Minimum	14,39	28,08	28,45	38,07	42,51	49,14
		Maximum	25,64	30,93	35,34	40,98	47,46	54,18
3	männlich	Mittelwert	18,5050	24,9675	30,0733	33,7980	41,4320	50,2275
		Median	18,1200	25,0300	27,6500	32,3900	37,9200	51,6450
		Standardabweichung	4,47944	7,83321	9,09057	5,20228	8,77853	7,53376
		Spannweite	15,00	16,35	17,69	12,07	21,61	23,35
		Minimum	11,02	16,73	22,44	27,75	32,64	37,95
		Maximum	26,02	33,08	40,13	39,82	54,25	61,30
	weiblich	Mittelwert	15,4500	20,6533	24,1850	31,3617	39,5613	44,0970
		Median	16,6050	20,9250	24,1850	31,6600	40,0650	43,9250
		Standardabweichung	2,84431	2,83120	3,50018	2,72567	3,66050	5,07706
		Spannweite	7,46	7,54	4,95	7,26	11,12	15,35
		Minimum	11,26	16,48	21,71	26,94	34,74	37,79
		Maximum	18,72	24,02	26,66	34,20	45,86	53,14

7.2.3. Orbitahöhe

7.2.3.1. Verteilung und Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung

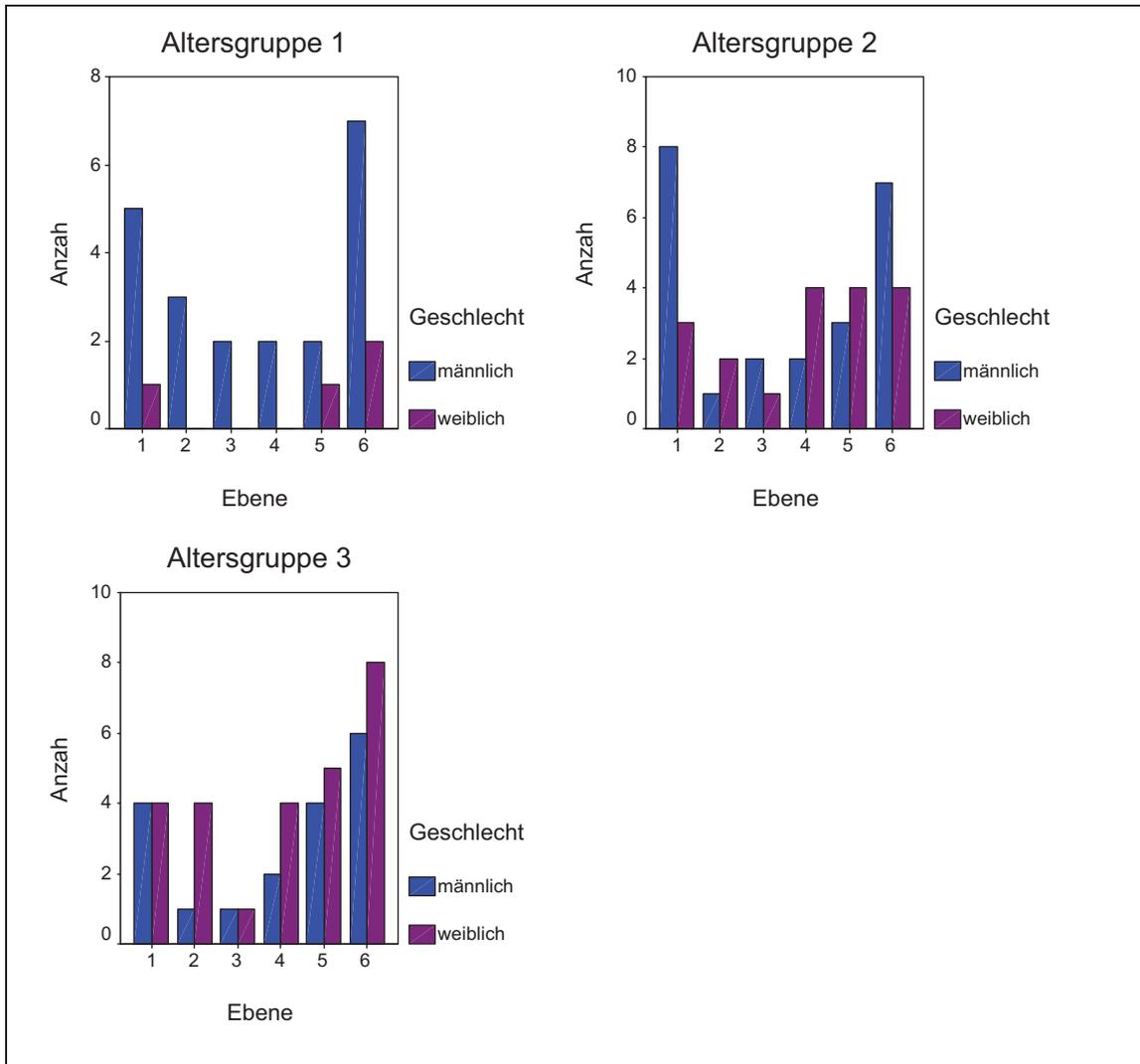


Abb. 18.1: Orbitahöhenverteilung in den Ebenen 1-6, in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Tab. 5.2: Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung in den Ebenen 1-6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Orbitahöhe Ebene 1	Orbitahöhe Ebene 2	Orbitahöhe Ebene 3	Orbitahöhe Ebene 4	Orbitahöhe Ebene 5	Orbitahöhe Ebene 6
1	männlich	Mittelwert	40,1240	39,0033	35,0450	24,4350	17,3650	14,9400
		Median	40,9800	39,9400	35,0450	24,4350	17,3650	15,1800
		Standardabweichung	2,30396	1,87910	5,57907	3,95273	3,88202	3,39719
		Spannweite	5,99	3,39	7,89	5,59	5,49	9,65
		Minimum	36,60	36,84	31,10	21,64	14,62	10,46
		Maximum	42,59	40,23	38,99	27,23	20,11	20,11
	weiblich	Mittelwert	38,1500				14,1400	13,5550
		Median	38,1500				14,1400	13,5550
		Standardabweichung						3,91030
		Spannweite	,00				,00	5,53
		Minimum	38,15				14,14	10,79
		Maximum	38,15				14,14	16,32
2	männlich	Mittelwert	38,5388	36,6500	33,4900	25,5600	17,5933	13,8000
		Median	38,3350	36,6500	33,4900	25,5600	17,0600	12,6100
		Standardabweichung	1,87854		,53740	,98995	1,23929	2,72833
		Spannweite	4,61	,00	,76	1,40	2,30	6,26
		Minimum	36,38	36,65	33,11	24,86	16,71	11,59
		Maximum	40,99	36,65	33,87	26,26	19,01	17,85
	weiblich	Mittelwert	38,2433	33,5100	26,3300	20,4175	15,4350	12,8775
		Median	37,1800	33,5100	26,3300	20,4000	15,3700	12,3100
		Standardabweichung	3,01888	1,65463		1,24229	2,36833	4,56382
		Spannweite	5,75	2,34	,00	2,93	4,90	11,05
		Minimum	35,90	32,34	26,33	18,97	13,05	7,92
		Maximum	41,65	34,68	26,33	21,90	17,95	18,97
3	männlich	Mittelwert	40,8800	37,1700	34,9300	28,5850	23,5450	15,9633
		Median	40,8600	37,1700	34,9300	28,5850	24,7250	16,2400
		Standardabweichung	2,76215			,31820	3,53471	3,60237
		Spannweite	5,50	,00	,00	,45	7,93	9,26
		Minimum	38,15	37,17	34,93	28,36	18,40	12,01
		Maximum	43,65	37,17	34,93	28,81	26,33	21,27
	weiblich	Mittelwert	33,7400	35,0950	32,7000	26,7475	19,4640	13,3825
		Median	33,6800	35,2550	32,7000	27,1200	18,1700	13,4950
		Standardabweichung	1,66647	1,80330		1,09183	3,08761	,96023
		Spannweite	3,52	4,29	,00	2,45	7,09	2,44
		Minimum	32,04	32,79	32,70	25,15	16,87	12,13
		Maximum	35,56	37,08	32,70	27,60	23,96	14,57

7.2.3.2. Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung im Abstand zu den Körperebenen

Körperebene: Schädelmediane**Tab. 5.3:** Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung im Abstand zur Schädelmedianen in den Ebenen 1- 6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Abstand Ebene 1	Abstand Ebene 2	Abstand Ebene 3	Abstand Ebene 4	Abstand Ebene 5	Abstand Ebene 6
1	männlich	Mittelwert	28,5780	31,7967	29,6950	28,6500	25,5200	21,9900
		Median	30,1000	30,3800	29,6950	28,6500	25,5200	22,4900
		Standardabweichung	7,19697	2,49717	1,13844	5,75585	7,22663	4,73856
		Spannweite	17,91	4,35	1,61	8,14	10,22	12,43
		Minimum	16,23	30,33	28,89	24,58	20,41	16,60
		Maximum	34,14	34,68	30,50	32,72	30,63	29,03
	weiblich	Mittelwert	30,8900				20,8100	21,3400
		Median	30,8900				20,8100	21,3400
		Standardabweichung						6,42053
		Spannweite	,00				,00	9,08
		Minimum	30,89				20,81	16,80
		Maximum	30,89				20,81	25,88
2	männlich	Mittelwert	30,9250	30,4800	28,1500	27,7300	23,8867	21,2314
		Median	31,2000	30,4800	28,1500	27,7300	23,1600	21,2200
		Standardabweichung	1,62932		,63640	1,96576	3,85176	2,19465
		Spannweite	5,38	,00	,90	2,78	7,60	6,12
		Minimum	27,87	30,48	27,70	26,34	20,45	18,12
		Maximum	33,25	30,48	28,60	29,12	28,05	24,24
	weiblich	Mittelwert	27,4700	26,4900	29,1800	22,1525	18,8400	17,8100
		Median	27,7900	26,4900	29,1800	21,4800	18,1100	17,2750
		Standardabweichung	1,07629	2,46073		1,39227	2,80208	3,37446
		Spannweite	2,08	3,48	,00	2,83	6,52	7,29
		Minimum	26,27	24,75	29,18	21,41	16,31	14,70
		Maximum	28,35	28,23	29,18	24,24	22,83	21,99
3	männlich	Mittelwert	31,7325	30,6400	31,0700	29,8200	26,3400	22,1617
		Median	32,5800	30,6400	31,0700	29,8200	27,9550	20,6650
		Standardabweichung	2,59952			1,95161	4,34691	3,75155
		Spannweite	5,83	,00	,00	2,76	9,41	9,05
		Minimum	27,97	30,64	31,07	28,44	20,02	19,16
		Maximum	33,80	30,64	31,07	31,20	29,43	28,21
	weiblich	Mittelwert	30,9400	29,0425	28,8900	27,6750	25,5140	22,9775
		Median	30,8500	28,7600	28,8900	27,6900	25,5300	23,6100
		Standardabweichung	1,53071	1,18714		,54495	2,16938	3,01784
		Spannweite	3,40	2,77	,00	1,02	5,93	8,53
		Minimum	29,33	27,94	28,89	27,15	22,09	18,63
		Maximum	32,73	30,71	28,89	28,17	28,02	27,16

Körperebene: Horizontalebene

Tab. 5.4: Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung im kürzesten Abstand zur Horizontalebene in den Ebenen 1- 6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Abstand Ebene 1	Abstand Ebene 2	Abstand Ebene 3	Abstand Ebene 4	Abstand Ebene 5	Abstand Ebene 6
1	männlich	Mittelwert	1,7675	2,4900	5,3400	14,3200	21,3650	20,1671
		Median	1,6250	3,4300	5,3400	14,3200	21,3650	21,2100
		Standardabweichung	1,41361	1,76850	,05657	1,59806	3,25976	4,23546
		Spannweite	3,08	3,14	,08	2,26	4,61	11,77
		Minimum	,37	,45	5,30	13,19	19,06	12,76
		Maximum	3,45	3,59	5,38	15,45	23,67	24,53
	weiblich	Mittelwert	1,8600				18,4300	21,0050
		Median	1,8600				18,4300	21,0050
		Standardabweichung						1,80312
		Spannweite	,00				,00	2,55
		Minimum	1,86				18,43	19,73
		Maximum	1,86				18,43	22,28
2	männlich	Mittelwert	3,6375	6,2600	3,6350	10,3250	15,6900	18,8043
		Median	3,2350	6,2600	3,6350	10,3250	15,0000	20,4700
		Standardabweichung	2,19448		2,86378	2,86378	3,49644	2,98040
		Spannweite	5,66	,00	4,05	4,05	6,89	7,91
		Minimum	,83	6,26	1,61	8,30	12,59	13,35
		Maximum	6,49	6,26	5,66	12,35	19,48	21,26
	weiblich	Mittelwert	1,5925	6,1100	6,4000	13,6900	16,7250	16,4275
		Median	1,5900	6,1100	6,4000	13,4300	17,0400	15,7750
		Standardabweichung	,57887			2,09878	3,58798	2,53944
		Spannweite	1,39	,00	,00	4,72	7,36	5,92
		Minimum	,90	6,11	6,40	11,59	12,73	14,12
		Maximum	2,29	6,11	6,40	16,31	20,09	20,04
3	männlich	Mittelwert	2,5150	5,4400	7,6100	6,9750	10,5100	15,1350
		Median	2,5300	5,4400	7,6100	6,9750	10,9750	15,6950
		Standardabweichung	1,35820			,62933	4,47675	4,05529
		Spannweite	2,58	,00	,00	,89	9,47	10,96
		Minimum	1,21	5,44	7,61	6,53	5,31	8,29
		Maximum	3,79	5,44	7,61	7,42	14,78	19,25
	weiblich	Mittelwert	4,4750	3,5450	6,3400	9,5775	13,8240	16,3925
		Median	4,9850	3,0450	6,3400	9,6000	14,2800	15,2100
		Standardabweichung	1,38945	2,06392		1,44648	4,14882	2,86213
		Spannweite	2,99	4,81	,00	3,41	11,39	7,67
		Minimum	2,47	1,64	6,34	7,85	7,15	12,89
		Maximum	5,46	6,45	6,34	11,26	18,54	20,56

7.2.4. Orbitadiagonalen

7.2.4.1. Orbitadiagonalenverteilung in Abhängigkeit zweier CT-Technologien

Tab. 6.1: Orbitadiagonalenverteilung in den Ebenen 1 bis 6 in Abhängigkeit zweier CT-Technologien

CT		Anzahl	
Thomoscan AVE der Firma Philips	Diagonale 30° Ebene 1	4	
	Diagonale 30° Ebene 2	0	
	Diagonale 30° Ebene 3	1	
	Diagonale 30° Ebene 4	2	
	Diagonale 30° Ebene 5	2	
	Diagonale 30° Ebene 6	6	
	Diagonale 60° Ebene 1	3	
	Diagonale 60° Ebene 2	0	
	Diagonale 60° Ebene 3	1	
	Diagonale 60° Ebene 4	1	
	Diagonale 60° Ebene 5	2	
	Diagonale 60° Ebene 6	6	
	Diagonale 120° Ebene 1	0	
	Diagonale 120° Ebene 2	0	
	Diagonale 120° Ebene 3	0	
	Diagonale 120° Ebene 4	3	
	Diagonale 120° Ebene 5	3	
	Diagonale 120° Ebene 6	6	
	Diagonale 150° Ebene 1	2	
	Diagonale 150° Ebene 2	0	
	Diagonale 150° Ebene 3	1	
	Diagonale 150° Ebene 4	1	
	Diagonale 150° Ebene 5	0	
	Diagonale 150° Ebene 6	7	
	Aquilion 32 der Fima Toshiba Computer Systeme	Diagonale 30° Ebene 1	28
		Diagonale 30° Ebene 2	14
Diagonale 30° Ebene 3		10	
Diagonale 30° Ebene 4		13	
Diagonale 30° Ebene 5		13	
Diagonale 30° Ebene 6		25	
Diagonale 60° Ebene 1		16	
Diagonale 60° Ebene 2		4	
Diagonale 60° Ebene 3		6	
Diagonale 60° Ebene 4		8	
Diagonale 60° Ebene 5		11	
Diagonale 60° Ebene 6		23	
Diagonale 120° Ebene 1		3	
Diagonale 120° Ebene 2		11	
Diagonale 120° Ebene 3		10	
Diagonale 120° Ebene 4		15	
Diagonale 120° Ebene 5		22	
Diagonale 120° Ebene 6		31	
Diagonale 150° Ebene 1		13	
Diagonale 150° Ebene 2		14	
Diagonale 150° Ebene 3		8	
Diagonale 150° Ebene 4		14	
Diagonale 150° Ebene 5		22	
Diagonale 150° Ebene 6		27	

7.2.4.2. Verteilung und Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 30°

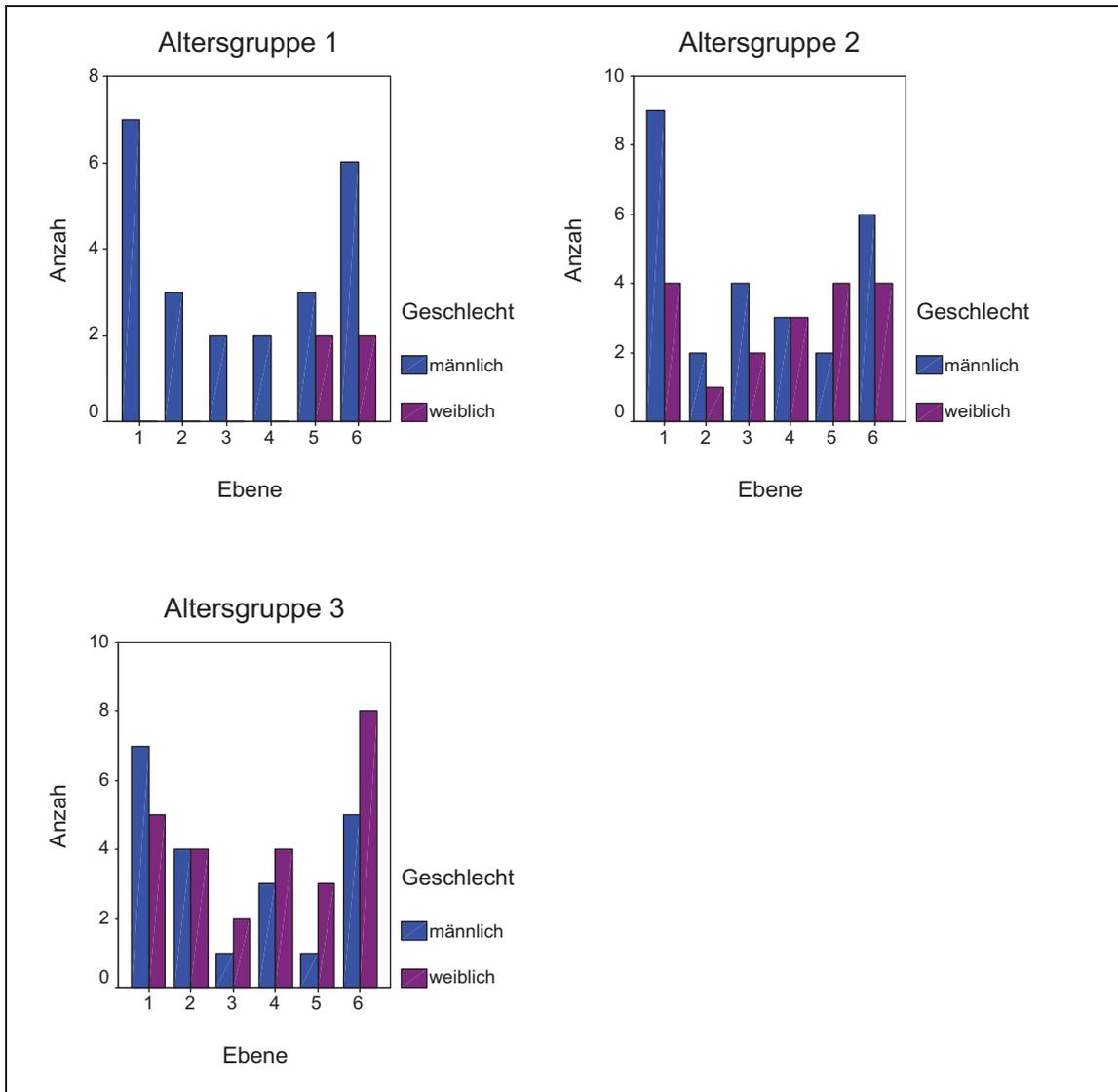


Abb. 19.1: Diagonalenverteilung 30° in den Ebene 1-6, in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Tab. 6.2: Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 30° in den Ebenen 1-6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Diagonale Ebene 1	Diagonale Ebene 2	Diagonale Ebene 3	Diagonale Ebene 4	Diagonale Ebene 5	Diagonale Ebene 6
1	männlich	Mittelwert	40,6629	39,2067	34,1650	23,1750	14,7900	10,8817
		Median	40,2300	40,2500	34,1650	23,1750	16,4800	11,7850
		Standardabweichung	1,56125	2,90889	6,11647	2,99106	3,62371	3,75744
		Spannweite	4,33	5,53	8,65	4,23	6,63	10,39
		Minimum	38,28	35,92	29,84	21,06	10,63	3,58
		Maximum	42,61	41,45	38,49	25,29	17,26	13,97
	weiblich	Mittelwert					15,6350	6,6500
		Median					15,6350	6,6500
		Standardabweichung					,92631	3,63453
		Spannweite					1,31	5,14
		Minimum					14,98	4,08
		Maximum					16,29	9,22
2	männlich	Mittelwert	39,1356	35,4450	30,7325	26,0900	19,6800	12,4833
		Median	39,2000	35,4450	30,8450	26,6400	19,6800	13,6150
		Standardabweichung	1,62854	1,40714	1,67221	2,60885	3,16784	4,03382
		Spannweite	4,98	1,99	3,62	5,13	4,48	9,64
		Minimum	36,49	34,45	28,81	23,25	17,44	6,56
		Maximum	41,47	36,44	32,43	28,38	21,92	16,20
	weiblich	Mittelwert	38,6950	38,5500	30,6850	20,7667	14,5800	9,7950
		Median	38,5550	38,5500	30,6850	18,2400	15,6000	9,5850
		Standardabweichung	1,49110		5,43765	4,77133	2,49845	1,94073
		Spannweite	3,53	,00	7,69	8,48	5,30	4,33
		Minimum	37,07	38,55	26,84	17,79	10,91	7,84
		Maximum	40,60	38,55	34,53	26,27	16,21	12,17
3	männlich	Mittelwert	38,1300	34,7550	35,6800	27,3567	22,2400	13,4680
		Median	37,7300	35,0250	35,6800	27,5900	22,2400	12,9700
		Standardabweichung	4,01683	2,66934		2,06989		3,28260
		Spannweite	11,27	6,03	,00	4,12	,00	7,97
		Minimum	32,28	31,47	35,68	25,18	22,24	8,85
		Maximum	43,55	37,50	35,68	29,30	22,24	16,82
	weiblich	Mittelwert	37,3320	35,2300	29,9600	25,8425	19,8833	14,5625
		Median	39,2800	34,7900	29,9600	26,6650	18,2500	13,4850
		Standardabweichung	4,02407	3,17953	1,37179	3,60598	5,09047	4,62377
		Spannweite	9,00	6,40	1,94	8,24	9,78	13,62
		Minimum	32,56	32,47	28,99	20,90	15,81	10,05
		Maximum	41,56	38,87	30,93	29,14	25,59	23,67

7.2.4.3. Verteilung und Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 60°

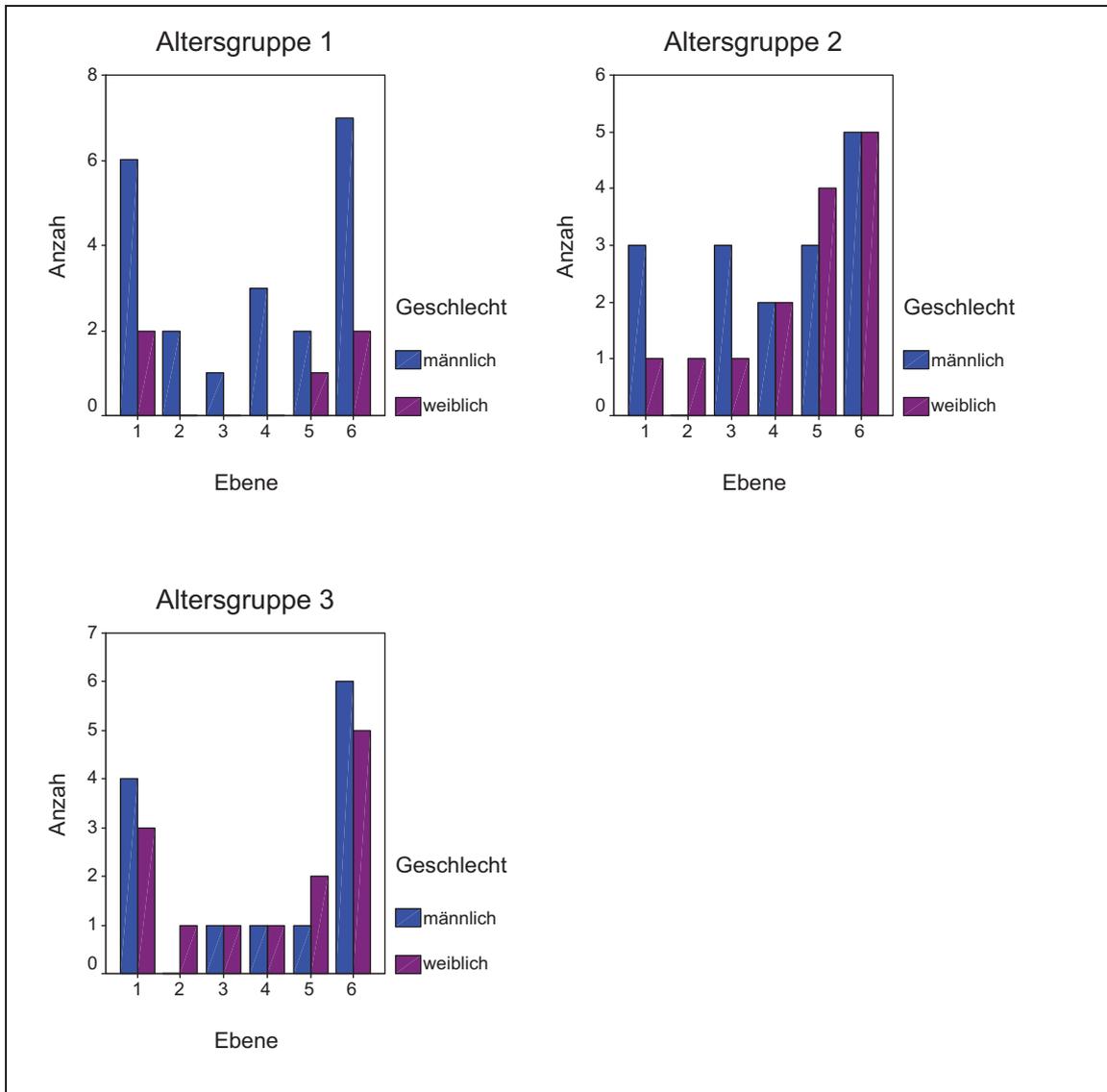


Abb. 19.3: Diagonalenverteilung 60° in den Ebene 1-6, in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Tab. 6.3: Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 60° in den Ebenen 1-6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Diagonale Ebene 1	Diagonale Ebene 2	Diagonale Ebene 3	Diagonale Ebene 4	Diagonale Ebene 5	Diagonale Ebene 6
1	männlich	Mittelwert	38,0917	35,3100	27,1000	19,3800	11,0600	7,5500
		Median	37,5700	35,3100	27,1000	20,0500	11,0600	7,1700
		Standardabweichung	2,08365	1,37179		2,43514	1,88090	3,05913
		Spannweite	5,63	1,94	,00	4,73	2,66	9,19
		Minimum	35,79	34,34	27,10	16,68	9,73	4,56
		Maximum	41,42	36,28	27,10	21,41	12,39	13,75
	weiblich	Mittelwert	37,1950				13,1600	4,4850
		Median	37,1950				13,1600	4,4850
		Standardabweichung	,98288					1,74655
		Spannweite	1,39				,00	2,47
		Minimum	36,50				13,16	3,25
		Maximum	37,89				13,16	5,72
2	männlich	Mittelwert	37,9233		29,4833	21,0900	17,1300	8,3600
		Median	36,7300		28,9300	21,0900	16,6600	7,4800
		Standardabweichung	2,86303		1,47974	,83439	4,15498	4,03948
		Spannweite	5,34		2,80	1,18	8,27	10,70
		Minimum	35,85		28,36	20,50	13,23	4,50
		Maximum	41,19		31,16	21,68	21,50	15,20
	weiblich	Mittelwert	39,0900	31,9400	28,4500	20,6450	11,4850	7,0760
		Median	39,0900	31,9400	28,4500	20,6450	11,1000	5,9100
		Standardabweichung				1,43543	1,45360	2,10192
		Spannweite	,00	,00	,00	2,03	3,38	4,82
		Minimum	39,09	31,94	28,45	19,63	10,18	5,17
		Maximum	39,09	31,94	28,45	21,66	13,56	9,99
3	männlich	Mittelwert	36,9950		32,2600	24,0900	16,5300	8,1020
		Median	36,7750		32,2600	24,0900	16,5300	7,4500
		Standardabweichung	1,81642					3,00556
		Spannweite	4,39		,00	,00	,00	8,13
		Minimum	35,02		32,26	24,09	16,53	4,83
		Maximum	39,41		32,26	24,09	16,53	12,96
	weiblich	Mittelwert	36,2733	34,9300	30,3000	21,2800	13,4200	8,4200
		Median	35,9800	34,9300	30,3000	21,2800	13,4200	6,7000
		Standardabweichung	1,41302				,70711	4,56658
		Spannweite	2,78	,00	,00	,00	1,00	10,38
		Minimum	35,03	34,93	30,30	21,28	12,92	3,43
		Maximum	37,81	34,93	30,30	21,28	13,92	13,81

7.2.4.4. Verteilung und Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 120°

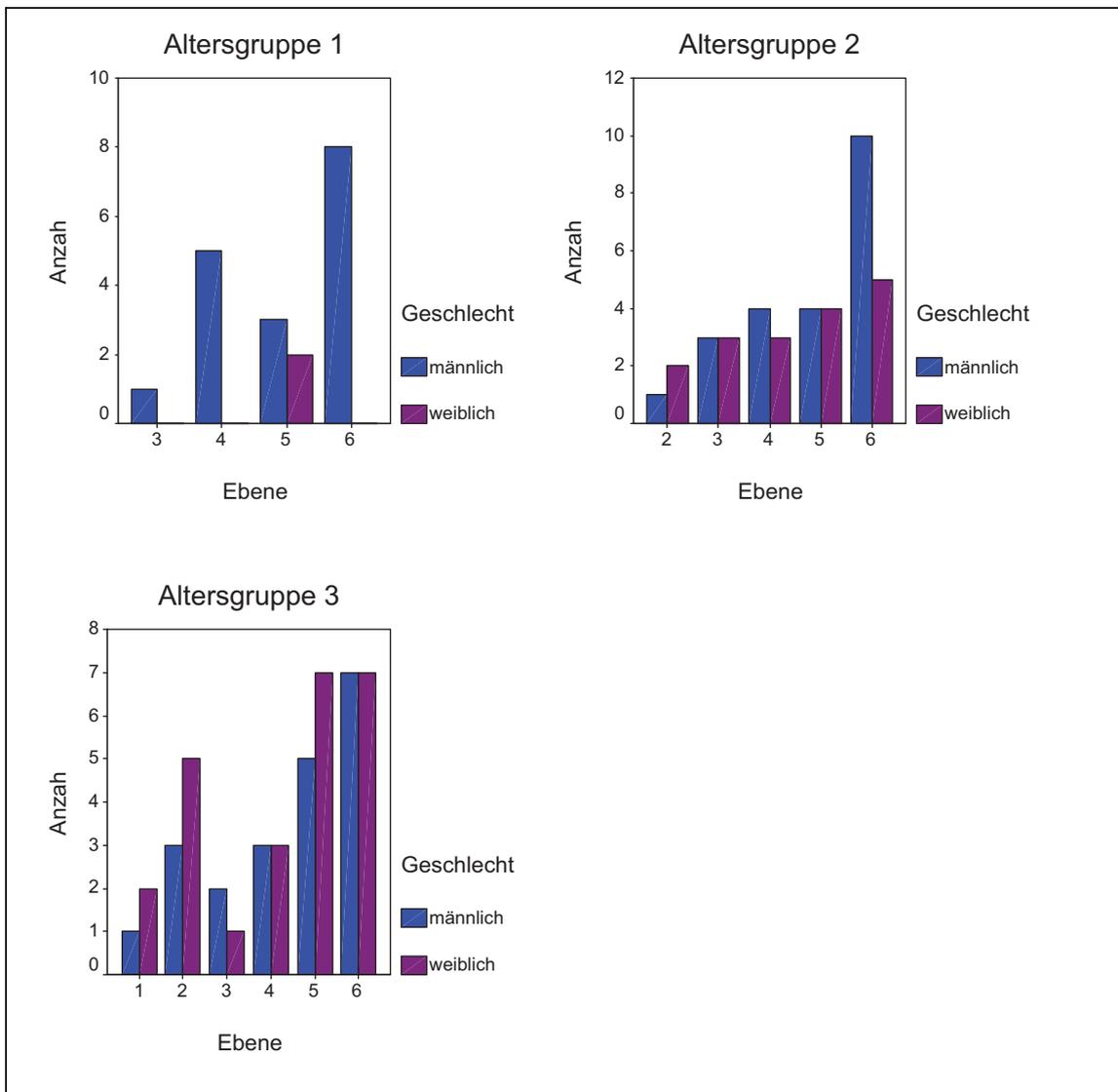


Abb. 19.4: Diagonalenverteilung 120° in den Ebene 1-6, in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Tab. 6.4: Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 120° in den Ebenen 1-6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Diagonale Ebene 1	Diagonale Ebene 2	Diagonale Ebene 3	Diagonale Ebene 4	Diagonale Ebene 5	Diagonale Ebene 6	
1	männlich	Mittelwert			34,8800	29,1220	18,4933	9,9363	
		Median			34,8800	28,5800	18,3500	10,1050	
		Spannweite			,00	9,07	3,59	4,39	
		Minimum			34,88	25,11	16,77	7,37	
		Maximum			34,88	34,18	20,36	11,76	
		Standardabweichung					3,25421	1,79929	1,42069
	weiblich	Mittelwert						19,5850	
		Median						19,5850	
		Spannweite						6,19	
		Minimum						16,49	
		Maximum						22,68	
		Standardabweichung						4,37699	
2	männlich	Mittelwert		37,9500	32,5133	26,8950	18,4175	10,1430	
		Median		37,9500	31,4700	27,2600	18,7900	9,4950	
		Spannweite		,00	3,75	2,08	3,13	7,35	
		Minimum		37,95	31,16	25,49	16,48	6,31	
		Maximum		37,95	34,91	27,57	19,61	13,66	
		Standardabweichung			2,08135	,95224	1,39744	2,64610	
	weiblich	Mittelwert		33,4850	31,7967	23,2033	15,7150	8,2280	
		Median		33,4850	32,7300	24,0100	16,3750	8,3100	
		Spannweite		,37	5,62	6,52	5,47	3,79	
		Minimum		33,30	28,52	19,54	12,32	6,21	
		Maximum		33,67	34,14	26,06	17,79	10,00	
		Standardabweichung		,26163	2,92394	3,33401	2,36672	1,34496	
3	männlich	Mittelwert	39,7300	35,0000	31,2350	27,2233	17,1860	8,6786	
		Median	39,7300	35,3000	31,2350	26,9000	18,2700	8,5900	
		Spannweite	,00	7,22	4,19	6,49	4,81	7,57	
		Minimum	39,73	31,24	29,14	24,14	14,50	4,46	
		Maximum	39,73	38,46	33,33	30,63	19,31	12,03	
		Standardabweichung		3,61934	2,96278	3,25706	2,08145	2,31572	
	weiblich	Mittelwert	35,7650	33,4580	28,9900	23,2933	16,0971	9,0700	
		Median	35,7650	33,0800	28,9900	22,6100	15,4600	9,5600	
		Spannweite	,89	4,12	,00	3,59	6,77	5,29	
		Minimum	35,32	31,17	28,99	21,84	13,50	5,95	
		Maximum	36,21	35,29	28,99	25,43	20,27	11,24	
		Standardabweichung	,62933	1,77434		1,89004	2,41690	2,19177	

7.2.4.5. Verteilung und Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 150°

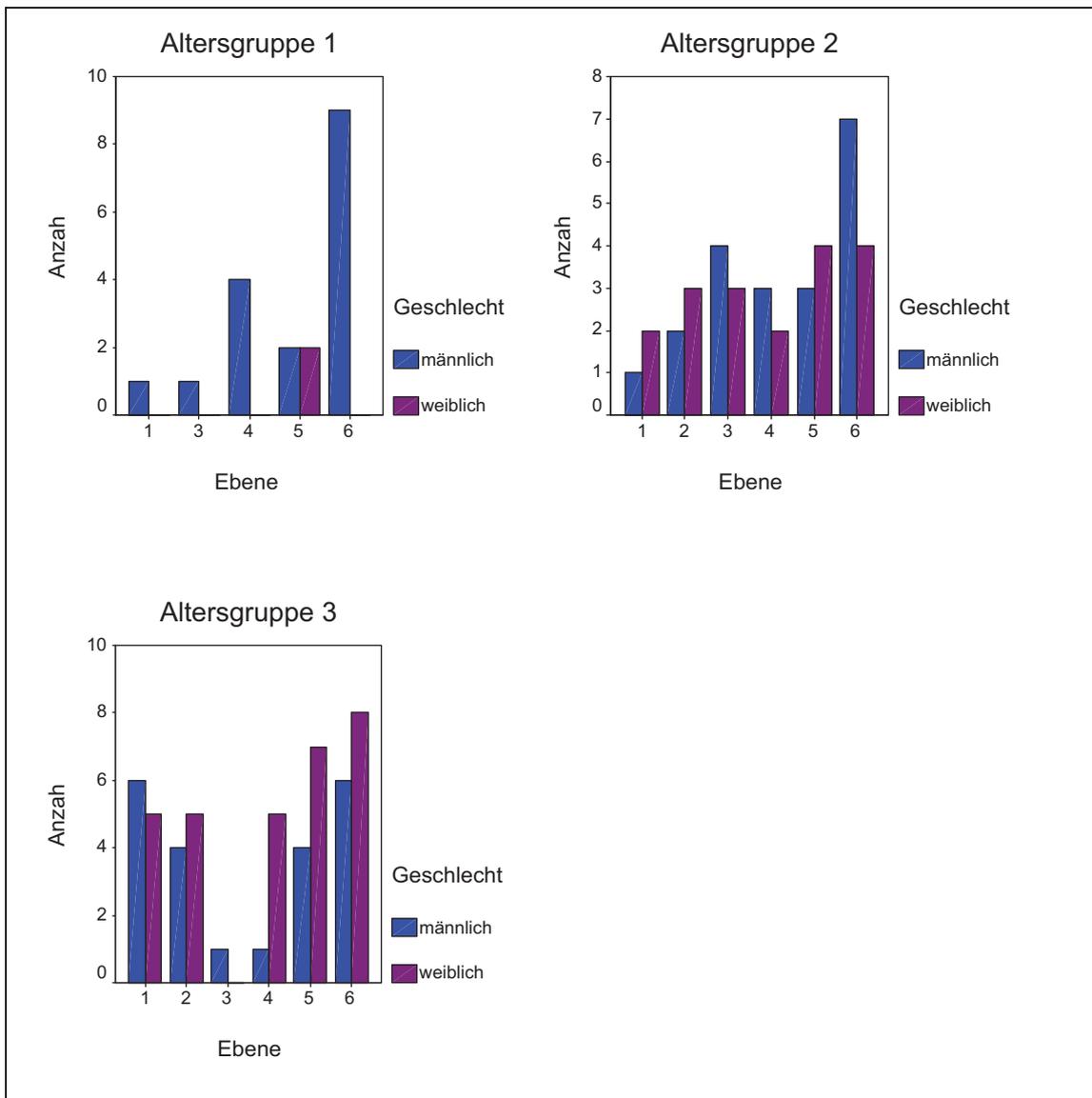


Abb. 19.5: Diagonalenverteilung 150° in den Ebene 1-6, in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Tab. 6.5: Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 150° in den Ebenen 1-6 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Diagonale Ebene 1	Diagonale Ebene 2	Diagonale Ebene 3	Diagonale Ebene 4	Diagonale Ebene 5	Diagonale Ebene 6
1	männlich	Mittelwert	44,7500		38,3600	31,0775	17,0750	16,3267
		Median	44,7500		38,3600	31,7550	17,0750	13,4300
		Spannweite	,00		,00	6,48	2,61	23,56
		Minimum	44,75		38,36	27,16	15,77	10,02
		Maximum	44,75		38,36	33,64	18,38	33,58
		Standardabweichung				2,83218	1,84555	7,25601
	weiblich	Mittelwert					25,4500	
		Median					25,4500	
		Spannweite					18,98	
		Minimum					15,96	
		Maximum					34,94	
		Standardabweichung					13,42089	
2	männlich	Mittelwert	39,4200	39,1500	36,9350	30,6833	20,4067	15,2857
		Median	39,4200	39,1500	36,5350	31,4800	21,6900	15,5600
		Spannweite	,00	,12	4,87	5,19	4,97	7,53
		Minimum	39,42	39,09	34,90	27,69	17,28	12,34
		Maximum	39,42	39,21	39,77	32,88	22,25	19,87
		Standardabweichung		,08485	2,11421	2,68515	2,72221	2,57376
	weiblich	Mittelwert	37,7500	36,0733	32,9900	25,1600	17,0425	12,1850
		Median	37,7500	37,6600	35,1500	25,1600	17,3200	12,6700
		Spannweite	1,08	6,06	8,52	7,60	3,99	6,62
		Minimum	37,21	32,25	27,65	21,36	14,77	8,39
		Maximum	38,29	38,31	36,17	28,96	18,76	15,01
		Standardabweichung	,76368	3,32702	4,65261	5,37401	1,66736	2,87367
3	männlich	Mittelwert	39,3950	38,1625	33,5500	25,8600	18,7550	12,6717
		Median	39,8600	37,4700	33,5500	25,8600	19,1000	12,7150
		Spannweite	4,78	3,77	,00	,00	4,12	5,16
		Minimum	36,79	36,97	33,55	25,86	16,35	10,07
		Maximum	41,57	40,74	33,55	25,86	20,47	15,23
		Standardabweichung	1,87706	1,75280			1,72869	1,64497
	weiblich	Mittelwert	37,5600	37,1520		25,6020	18,3886	13,0100
		Median	37,9400	36,7200		25,7600	18,7300	12,8800
		Spannweite	1,84	3,24		4,16	6,93	16,42
		Minimum	36,37	35,99		23,47	14,51	6,55
		Maximum	38,21	39,23		27,63	21,44	22,97
		Standardabweichung	,77473	1,23783		1,69159	2,13435	4,79718

7.2.4.6. Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung in der Ebene 1 im Abstand zu den Körperebenen

Körperebene: Schädelmediane

Tab. 6.6: Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung in der Ebene 1 im Abstand zur Schädelmedianen (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		30° Abstand Ebene 1	60° Abstand Ebene 1	120° Abstand Ebene 1	150° Abstand Ebene 1	210° Abstand Ebene 1	240° Abstand Ebene 1	300° Abstand Ebene 1	330° Abstand Ebene 1
1	männlich	Mittelwert	40,6657	44,5083		43,4300	20,5971	14,1633		20,7600
		Median	41,0200	44,8000		43,4300	20,5700	14,0200		20,7600
		Standardabweichung	2,60718	5,02774			1,99707	1,88053		
		Spannweite	7,19	14,66		,00	4,94	3,97		,00
		Minimum	37,24	35,47		43,43	18,49	12,28		20,76
		Maximum	44,43	50,13		43,43	23,43	16,25		20,76
	weiblich	Mittelwert		45,7700				13,8300		
		Median		45,7700				13,8300		
		Standardabweichung		,05657				1,61220		
		Spannweite		,08				2,28		
		Minimum		45,73				12,69		
		Maximum		45,81				14,97		
2	männlich	Mittelwert	39,7288	44,5650		42,3800	20,0588	12,2725		22,6400
		Median	39,2050	44,8950		42,3800	19,6250	12,4400		22,6400
		Standardabweichung	2,09393	1,58284			1,75538	2,00492		
		Spannweite	6,62	3,71		,00	4,40	3,89		,00
		Minimum	36,72	42,38		42,38	18,06	10,16		22,64
		Maximum	43,34	46,09		42,38	22,46	14,05		22,64
	weiblich	Mittelwert	32,3450	45,6600		42,4400	23,0375	11,8900		23,5900
		Median	36,2350	45,6600		42,4400	18,5850	11,8900		23,5900
		Standardabweichung	9,11936			1,56978	11,24711			1,04652
		Spannweite	19,35	,00		2,22	24,50	,00		1,48
		Minimum	18,78	45,66		41,33	15,24	11,89		22,85
		Maximum	38,13	45,66		43,55	39,74	11,89		24,33
3	männlich	Mittelwert	38,7829	45,8700	52,2200	44,6517	19,7329	13,8100	17,9200	24,9817
		Median	39,1700	46,2300	52,2200	44,2950	20,1600	13,9550	17,9200	25,3400
		Standardabweichung	2,22159	1,30976		1,18417	1,79081	,60712		1,44949
		Spannweite	6,65	3,04	,00	2,78	4,61	1,35	,00	3,78
		Minimum	35,49	43,99	52,22	43,36	17,31	12,99	17,92	22,89
		Maximum	42,14	47,03	52,22	46,14	21,92	14,34	17,92	26,67
	weiblich	Mittelwert	37,4980	40,6367	47,3300	42,3980	18,7700	9,3800	16,4200	23,7340
		Median	37,7000	39,9000	47,3300	42,9000	20,0400	9,2500	16,4200	24,5600
		Standardabweichung	1,90728	1,47961	1,72534	1,39902	2,39763	,26058	2,24860	1,29508
		Spannweite	5,02	2,67	2,44	3,05	5,70	,47	3,18	2,94
		Minimum	34,80	39,67	46,11	40,66	15,53	9,21	14,83	21,69
		Maximum	39,82	42,34	48,55	43,71	21,23	9,68	18,01	24,63

Körperebene: Horizontalebene

Tab. 6.7: Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung in der Ebene 1 im Abstand zur Horizontalebene (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		30° Abstand Ebene 1	60° Abstand Ebene 1	120° Abstand Ebene 1	150° Abstand Ebene 1	210° Abstand Ebene 1	240° Abstand Ebene 1	300° Abstand Ebene 1	330° Abstand Ebene 1	
1	männlich	Mittelwert	40,7000	34,5483		4,5000	5,3414	15,5017		42,7400	
		Median	41,5500	34,8250		4,5000	5,4100	16,1600		42,7400	
		Standardabweichung	1,90700	1,35702			1,62646	1,42814			
		Spannweite	5,48	4,02		,00	4,85	3,66		,00	
		Minimum	36,69	32,18		4,50	2,15	13,04		42,74	
		Maximum	42,17	36,20		4,50	7,00	16,70		42,74	
	weiblich	Mittelwert			32,4800				14,2150		
		Median			32,4800				14,2150		
		Standardabweichung			1,44250				,68589		
		Spannweite			2,04				,97		
		Minimum			31,46				13,73		
		Maximum			33,50				14,70		
2	männlich	Mittelwert	41,0363	35,3250		7,9700	7,0588	16,3700		42,0400	
		Median	41,4350	35,5750		7,9700	6,9200	16,5700		42,0400	
		Standardabweichung	1,86372	3,07559			2,77169	3,80061			
		Spannweite	5,82	6,75		,00	7,02	8,76		,00	
		Minimum	38,10	31,70		7,97	3,48	11,79		42,04	
		Maximum	43,92	38,45		7,97	10,50	20,55		42,04	
	weiblich	Mittelwert	37,6867	34,2350		3,3750	4,3025	11,2600		35,8050	
		Median	38,4500	34,2350		3,3750	4,0950	11,2600		35,8050	
		Standardabweichung	2,01644	4,32042		1,37886	,96438			,86974	
		Spannweite	3,81	6,11		1,95	2,14	,00		1,23	
		Minimum	35,40	31,18		2,40	3,44	11,26		35,19	
		Maximum	39,21	37,29		4,35	5,58	11,26		36,42	
3	männlich	Mittelwert	40,0171	35,6775	14,8300	5,8400	7,2286	17,2525	34,9600	39,9233	
		Median	38,2900	35,8000	14,8300	5,7650	7,7000	17,6650	34,9600	38,4450	
		Standardabweichung	3,90837	3,88248		2,36658	1,34692	3,15023		3,07759	
		Spannweite	9,73	8,89	,00	5,91	3,97	7,16	,00	7,32	
		Minimum	35,78	31,11	14,83	3,24	5,46	13,26	34,96	37,18	
		Maximum	45,51	40,00	14,83	9,15	9,43	20,42	34,96	44,50	
	weiblich	Mittelwert	38,4600	32,4433	14,6050	5,7140	6,1600	14,2867	32,5100	38,2140	
		Median	38,8700	31,2000	14,6050	5,5000	5,4500	13,4700	32,5100	38,4400	
		Standardabweichung	1,18226	2,66245	,71418	1,34342	2,82222	3,31141	,04243	1,41008	
		Spannweite	2,99	4,87	1,01	3,66	6,55	6,47	,06	3,34	
		Minimum	36,55	30,63	14,10	4,26	3,53	11,46	32,48	36,85	
		Maximum	39,54	35,50	15,11	7,92	10,08	17,93	32,54	40,19	

7.2.5. Ergebnisse der Vermessungen im Bereich des Canalis opticus (orbitaler Anteil)

Tab. 7.3: Ergebnisse der Breitenvermessung und deren Abstände zur Schädelmedianen, Horizontal- und Frontalebene (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		vordere Canalis opticus Breite	Abstand zur Schädelmedianen	Abstand zur Horizontalebene	Abstand zur Frontalebene
1	männlich	Mittelwert	4,5640	12,6960	30,5620	58,2280
		Median	4,3300	11,9300	31,6600	57,3400
		Standardabweichung	1,03014	2,80159	7,51751	2,76692
		Spannweite	2,71	7,19	19,84	7,28
		Minimum	3,59	10,31	21,48	55,67
		Maximum	6,30	17,50	41,32	62,95
	weiblich	Mittelwert	6,2600	11,4850	34,0350	46,8150
		Median	6,2600	11,4850	34,0350	46,8150
		Standardabweichung	1,04652	1,52028	3,79716	2,82136
		Spannweite	1,48	2,15	5,37	3,99
		Minimum	5,52	10,41	31,35	44,82
		Maximum	7,00	12,56	36,72	48,81
2	männlich	Mittelwert	5,7700	11,6557	28,8186	53,9029
		Median	5,5500	12,6600	30,1300	54,1800
		Standardabweichung	1,24266	4,30170	4,19445	2,53018
		Spannweite	3,54	13,45	10,35	6,34
		Minimum	4,10	2,96	22,82	50,76
		Maximum	7,64	16,41	33,17	57,10
	weiblich	Mittelwert	4,6660	10,4640	28,8420	52,8100
		Median	4,5700	8,5900	28,3700	53,6300
		Standardabweichung	,52615	3,99952	2,90025	4,94375
		Spannweite	1,32	9,67	6,71	12,25
		Minimum	4,12	7,25	25,25	46,97
		Maximum	5,44	16,92	31,96	59,22
3	männlich	Mittelwert	6,2520	11,8620	26,8760	53,3300
		Median	6,1900	10,1000	27,0500	52,5400
		Standardabweichung	1,37272	3,15093	4,58736	6,33817
		Spannweite	3,35	7,29	12,82	14,44
		Minimum	4,58	10,07	20,30	45,29
		Maximum	7,93	17,36	33,12	59,73
	weiblich	Mittelwert	5,6067	14,2300	25,8950	48,2900
		Median	5,4400	14,0100	25,6150	47,0550
		Standardabweichung	,80803	2,48491	3,33873	2,63742
		Spannweite	2,43	5,84	7,43	6,61
		Minimum	4,69	11,63	22,46	46,17
		Maximum	7,12	17,47	29,89	52,78

7.2.6. Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung nach der Vermessungsgrundlage von Waitzmann et al. 1992

Tab. 8: Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung in Ebene 1 in axialer Schichtebene nach Waitzmann et al. 1992 (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Orbitabreite Ebene 1	Orbitabreite nach Waitzmann
1	männlich	Mittelwert	35,8450	35,2433
		Median	36,2400	34,4700
		Standardabweichung	2,15109	1,94870
		Spannweite	7,05	3,66
		Minimum	32,13	33,80
		Maximum	39,18	37,46
	weiblich	Mittelwert	34,8200	
		Median	34,8200	
		Standardabweichung	1,17380	
		Spannweite	1,66	
		Minimum	33,99	
		Maximum	35,65	
2	männlich	Mittelwert	35,6330	35,6700
		Median	35,7700	35,6700
		Standardabweichung	,97925	1,45664
		Spannweite	2,85	2,06
		Minimum	34,30	34,64
		Maximum	37,15	36,70
	weiblich	Mittelwert	34,2829	33,9920
		Median	34,2400	34,2400
		Standardabweichung	,78023	,40905
		Spannweite	2,41	,94
		Minimum	33,51	33,38
		Maximum	35,92	34,32
3	männlich	Mittelwert	35,9690	38,3450
		Median	36,2200	38,3350
		Standardabweichung	1,58410	1,58047
		Spannweite	5,23	3,65
		Minimum	33,02	36,53
		Maximum	38,25	40,18
	weiblich	Mittelwert	33,8830	33,1425
		Median	34,0450	33,0250
		Standardabweichung	1,25042	,78070
		Spannweite	3,84	1,76
		Minimum	31,98	32,38
		Maximum	35,82	34,14

7.2.7. Ergebnisse der Vermessung von Orbitabreite, -höhe und -diagonalen in dreidimensionaler Ansicht

Tab. 9: Ergebnisse der Orbitabreiten, -höhen und -diagonalen Vermessung in dreidimensionaler Ansicht (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Orbitabreite	Orbitahöhe	Diagonale 45°	Diagonale 135°
1	männlich	Mittelwert	42,1100	35,3930	35,6880	43,4890
		Median	41,8700	35,1800	35,2250	43,2100
		Standardabweichung	2,12423	1,16123	1,93078	3,43696
		Spannweite	6,13	4,22	6,79	10,99
		Minimum	39,46	33,63	33,74	37,68
		Maximum	45,59	37,85	40,53	48,67
	weiblich	Mittelwert	40,5000	34,0000	35,8050	42,9100
		Median	40,5000	34,0000	35,8050	42,9100
		Standardabweichung	4,41235	4,20021	2,04354	3,97394
		Spannweite	6,24	5,94	2,89	5,62
		Minimum	37,38	31,03	34,36	40,10
		Maximum	43,62	36,97	37,25	45,72
2	männlich	Mittelwert	41,6010	36,8670	36,5070	43,9570
		Median	41,6250	37,2550	35,8650	43,7750
		Standardabweichung	1,91715	2,66032	1,68057	2,31194
		Spannweite	6,25	9,85	4,55	8,98
		Minimum	38,03	31,10	34,32	39,72
		Maximum	44,28	40,95	38,87	48,70
	weiblich	Mittelwert	39,8357	35,3271	35,1043	42,5357
		Median	39,3700	35,9500	35,3700	42,9600
		Standardabweichung	2,06507	2,56082	,66390	2,08047
		Spannweite	6,24	6,73	1,67	6,24
		Minimum	37,49	32,46	34,19	38,66
		Maximum	43,73	39,19	35,86	44,90
3	männlich	Mittelwert	41,7050	35,9010	36,4840	42,3200
		Median	42,4250	36,8700	37,4550	42,2300
		Standardabweichung	1,68826	3,24631	2,63852	2,18543
		Spannweite	5,26	10,85	7,25	6,86
		Minimum	38,11	29,05	32,01	38,73
		Maximum	43,37	39,90	39,26	45,59
	weiblich	Mittelwert	39,7060	34,8360	36,2430	41,0450
		Median	40,1350	34,9950	36,8350	40,6050
		Standardabweichung	1,87453	1,96876	2,30743	3,12354
		Spannweite	6,57	6,18	6,67	11,63
		Minimum	35,60	31,49	32,52	37,37
		Maximum	42,17	37,67	39,19	49,00

7.2.8. Taktiles Scanverfahren - Ergebnisse der Orbitabreiten-, Orbitahöhen- und Orbitadiagonalenvermessung

Tab. 10: Ergebnisse der Orbitabreiten, -höhen und -diagonalenvermessung und taktiles Scanverfahren (in mm), in Altersgruppen (Altersgruppe 1: 15 bis 30 Jahre, Altersgruppe 2: 31 bis 50 Jahre, Altersgruppe 3: 51 bis 89 Jahre), geschlechtsdifferenziert

Altersgruppe	Geschlecht		Orbitabreite	Orbitahöhe	Diagonale (laterosuperior/ medioinferior)	Diagonale (lateroinferior/ mediosupeior)
1	männlich	Mittelwert	40,4356	35,5033	37,1678	43,2700
		Median	40,6400	35,7100	36,9500	43,5800
		Standardabweichung	1,71714	1,89477	2,40178	2,17955
		Spannweite	5,90	4,79	7,05	7,83
		Minimum	37,30	32,96	33,47	38,71
		Maximum	43,20	37,75	40,52	46,54
	weiblich	Mittelwert	37,5300	34,9833	36,5767	41,5533
		Median	37,2000	35,4200	36,8100	41,7000
		Standardabweichung	2,67034	1,28204	1,90077	3,68219
		Spannweite	5,31	2,45	3,78	7,36
		Minimum	35,04	33,54	34,57	37,80
		Maximum	40,35	35,99	38,35	45,16
2	männlich	Mittelwert	39,9875	34,8475	37,4350	43,2400
		Median	40,0050	34,8650	37,9100	43,5400
		Standardabweichung	,27933	1,12396	1,53938	1,73461
		Spannweite	,56	2,02	3,36	3,86
		Minimum	39,69	33,82	35,28	41,01
		Maximum	40,25	35,84	38,64	44,87
	weiblich	Mittelwert	36,5200	32,6000	37,0500	42,5467
		Median	36,5100	33,8700	34,1900	42,2300
		Standardabweichung	,51507	2,33082	4,97967	3,98445
		Spannweite	1,03	4,11	8,64	7,95
		Minimum	36,01	29,91	34,16	38,73
		Maximum	37,04	34,02	42,80	46,68
3	männlich	Mittelwert	41,2718	37,1055	35,9800	42,1918
		Median	40,6600	36,1100	35,7500	42,0900
		Standardabweichung	2,00964	3,66395	1,87535	1,33384
		Spannweite	6,79	13,89	5,90	4,86
		Minimum	38,75	33,19	32,58	40,21
		Maximum	45,54	47,08	38,48	45,07
	weiblich	Mittelwert	40,3644	36,8100	37,1700	43,1344
		Median	39,9000	36,9700	35,9700	42,9100
		Standardabweichung	2,31801	1,95724	3,23676	2,38221
		Spannweite	7,83	5,70	9,63	8,43
		Minimum	37,05	33,89	32,76	39,13
		Maximum	44,88	39,59	42,39	47,56

7.3. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Rechte Orbita, Blick von vorne.....	2
Abbildung 2:	Aufsicht auf den Orbitaboden mit durchschnittlichen Knochenstärken in mm (in Klammern: unterer und oberer Extremwert).....	3
Abbildung 3:	Der menschliche Schädel.....	7
Abbildung 4:	Darstellung des Pipeline Prinzips der Bildrekonstruktion...	9
Abbildung 5:	Vergleich von Spiral-Aufnahmen	10
Abbildung 6:	MicroScribe G2 3 D Digitizer.....	12
Abbildung 7:	Spiral-CT-Gerät Aquilion 32 der Firma Toshiba Computer Systeme.....	17
Abbildung 8:	Sutura frontozygomata (dreidimensionaler CT-Bild)....	18
Abbildung 9:	Orbitabreite in der Ebene 1 (coronarer Schnittführung, zweidimensionales CT-Bild).....	19
Abbildung 10:	Orbitabreite und -tiefe (axiale Schnittführung, zweidimensionales CT-Bild).....	20
Abbildung 11:	Orbitahöhe in der Ebene 1 (coronare Schnittführung, zweidimensionales CT-Bild).....	20

Abbildung 12:	Canalis opticus Breite und Höhe (orbitaler Anteil), (coronare Schnittführung, zweidimensionales CT-Bild)....	21
Abbildung 13:	Orbitabreite, -höhe und -diagonalen (dimensionales CT-Bild).....	21
Abbildung 14:	Auswahl anthropometrischer Messpunkte für die taktilen Vermessungen	22
Abbildung 15:	Verteilung der CT-gestützt ausgewerteten Beobachtungsreihe.....	26
Abbildung 16:	Mittelwert und einfache Standardabweichung (s) der Orbitatiefenvermessung in der Ebene 1 (in mm).....	27
Abbildung 17.1:	Orbitabreitenverteilung in den Ebenen 1-6.....	107
Abbildung 17.2:	Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitabreitenvermessung in den Ebenen 1, 4, 5 und 6 (in mm).....	30
Abbildung 17.3:	Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitabreitenvermessung als kürzester Abstand zur Schädelmedianen in den Ebenen 1, 4, 5 und 6 (in mm).....	32
Abbildung 17.4:	Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitabreitenvermessung im Abstand zur Horizontalebene in der Ebene 1 (in mm).....	34
Abbildung 17.5:	Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitabreitenvermessung im Abstand zur Frontalebene in den Ebenen 1, 4, 5 und 6 (in mm).....	35

Abbildung 18.1:	Orbitahöhenverteilung in den Ebenen 1-6.....	112
Abbildung 18.2:	Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitahöhenvermessung in den Ebenen 1 und 6 (in mm).....	38
Abbildung 18.3:	Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitahöhenvermessung im Abstand zur Schädelmedianen in den Ebenen 1, 4, 5 und 6 (in mm).....	40
Abbildung 18.4:	Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitahöhenvermessung im kürzesten Abstand zur Horizontalebene in den Ebenen 1, 4, 5 und 6 (in mm).....	42
Abbildung 19.1:	Diagonalenverteilung 30° in den Ebene 1-6.....	117
Abbildung 19.2:	Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitadiagonalenvermessung 30° in den Ebenen 1 und 6 (in mm).....	44
Abbildung 19.3:	Diagonalenverteilung 60° in den Ebene 1-6.....	119
Abbildung 19.4:	Diagonalenverteilung 120° in den Ebene 1-6.....	121
Abbildung 19.5:	Diagonalenverteilung 150° in den Ebene 1-6.....	123
Abbildung 19.6:	Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Abstandsvermessung zur Schädelmedianen (SM) und Horizontalebene (HE) der Orbitadiagonalenvermessung im 30° Punkt in der Ebene 1 (in mm).....	48

Abbildung 20:	Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Breitenvermessung (orbitaler Anteil des Canalis opticus) (in mm).....	51
Abbildung 21:	Orbitabreitenverteilung basierend auf der Vermessungsgrundlage nach Waitzmann et al. 1992.....	53
Abbildung 22:	Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitabreitenvermessung in dreidimensionaler Ansicht (in mm).....	55
Abbildung 23.1:	Mittelwerte und einfache Standardabweichungen (s) der Orbitabreitenvermessung (in mm) im Vergleich zweier Messmethoden.....	57
Abbildung 23.2:	Mittelwert und einfache Standardabweichung (s) der Orbitahöhenvermessung (in mm) im Vergleich zweier Messmethoden.....	58
Abbildung 23.3:	Mittelwert und einfache Standardabweichung (s) der Orbitadiagonalenvermessung (lateroferior/mediosuperior/Diagonale 135°) (in mm) im Vergleich zweier Messmethoden.....	59
Abbildung 24:	Tiefe und Breite der knöchernen Orbita.....	65
Abbildung 25:	Konturzeichnung der Augenhöhlen, darunter eines weiblichen Orbitapaares.....	66
Abbildung 26:	Orbita von vorne, seitlich und unten.....	67
Abbildung 27:	Fig 3.....	70

Abbildung 28:	Abb. 3.148.....	74
Abbildung 29:	Form, Achse, Maße und mediale Wanddicke (in mm) des Canalis Opticus.....	75
Abbildung 30:	Orbitabreite und Orbitahöhe beim Erwachsenen (nach anthropologischen Messpunkten) sowie das Absinken des Orbitabreitenmaßes gegenüber der Horizontalen, Achse des Canalis nasolacimalis an unserem Material sowie mittlere Höhelage des oberen Orbitarandes gegenüber dem Nasion (nach Bartels 1897).....	79
Abbildung 31.1:	Flächenmodell der Orbitaeingangsebene basierend auf dreidimensionaler CT-gestützten Parametrisierung... weibliches Geschlecht.....	82
Abbildung 31.2:	Flächenmodell der Orbitaeingangsebene basierend auf dreidimensionaler CT-gestützten Parametrisierung... männliches Geschlecht.....	82
Abbildung 32:	Grafische Darstellung ausgewählter Orbitaparameter (Orbitabreite, - höhe und -diagonalen) CT-gestützt und taktil vermessen.....	84

7.4. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Definition der Schädelmedianen, Horizontal- und Frontalebene.....	18
------------	--	----

Tabelle 2:	Definition der Orbitaparameter (CT-gestützte Parametrisierung).....	101
Tabelle 3:	Statistische Auswertung der Orbitatiefenvermessung in der Ebene 1 (in mm).....	106
Tabelle 4.1:	Orbitabreitenverteilung in Abhängigkeit zweier CT-Technologien in den Ebenen 1 bis 6.....	29
Tabelle 4.2:	Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung in den Ebenen 1-6 (in mm).....	108
Tabelle 4.3:	Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung als kürzester Abstand zur Schädelmedianen in den Ebenen 1- 6 (in mm).....	109
Tabelle 4.4:	Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung im Abstand zur Horizontalebene in den Ebenen 1- 6 (in mm).....	110
Tabelle 4.5:	Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung im Abstand zur Frontalebene in den Ebenen 1- 6 (in mm).....	111
Tabelle 4.6:	Signifikanzen für das weibliche Geschlecht (Altersgruppe 2/3).....	36
Tabelle 5.1:	Orbitahöhenverteilung in Abhängigkeit zweier CT-Technologien in den Ebenen 1 bis 6.....	37
Tabelle 5.2:	Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung in den Ebenen 1-6 (in mm).....	113

Tabelle 5.3:	Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung im Abstand zur Schädelmedianen in den Ebenen 1- 6 (in mm).....	114
Tabelle 5.4:	Ergebnisse der Orbitahöhenvermessung im kürzesten Abstand zur Horizontalebene in den Ebenen 1- 6 (in mm).....	115
Tabelle 6.1:	Orbitadiagonalenverteilung in den Ebenen 1bis 6 in Abhängigkeit zweier CT-Technologien.....	116
Tabelle 6.2:	Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 30° in den Ebenen 1-6 (in mm).....	118
Tabelle 6.3:	Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 60° in den Ebenen 1-6 (in mm).....	120
Tabelle 6.4:	Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 120° in den Ebenen 1-6 (in mm).....	122
Tabelle 6.5:	Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung 150° in den Ebenen 1-6 (in mm).....	124
Tabelle 6.6:	Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung in der Ebene 1 im Abstand zur Schädelmedianen (in mm).....	125
Tabelle 6.7:	Ergebnisse der Orbitadiagonalenvermessung in der Ebene 1 im Abstand zur Horizontalebene (in mm).....	126
Tabelle 7.1:	Verteilung der Breitenvermessung (orbitaler Anteil des Canalis oticus).....	49

Tabelle 7.2:	Verteilung der Breitenvermessung (orbitaler Anteil des Canalis opticus) in Abhängigkeit zweier CT-Technologien.....	50
Tabelle 7.3:	Ergebnisse der Breitenvermessung und deren Abstände zur Schädelmedianen, Horizontal- und Frontalebene (in mm).....	127
Tabelle 7.4:	Verteilung der Höhenvermessung (orbitaler Anteil des Canalis opticus).....	52
Tabelle 8:	Ergebnisse der Orbitabreitenvermessung in Ebene 1 in axialer Schichtebene nach Waitzmann et al. 1992 (in mm).....	128
Tabelle 9:	Ergebnisse der Orbitabreiten, -höhen und -diagonalen Vermessung in dreidimensionaler Ansicht (in mm).....	129
Tabelle 10:	Ergebnisse der Orbitabreiten, -höhen und -diagonalenvermessung und taktiles Scanverfahren.....	130

7.5. Nomenklatur

Abb.	Abbildung
CT	Computertomographie
FE	Frontalebene
HE	Hounsfield-Einheiten

HE	Horizontalebene
MSCT	Multi-Slice-Computertomographie
p.-a.	posterior-anteriorer Strahlengang
s	Standardabweichung
SM	Schädelmediane
SSCT	Single-Slice-Computertomographie
Tab.	Tabelle

8. Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorgelegte Doktorarbeit mit dem Thema „CT gestützte-Parametrisierung der Orbita“ selbstständig sowie ohne fremde Hilfe geschrieben habe.

Alle benutzten Hilfsmittel wurden in der Doktorarbeit genannt.

Ich habe die Arbeit erstmalig und nur an der Universität Rostock unter gegebener Promotionsordnung zur Bewertung eingereicht. Ich erkläre, dass ich keinen entsprechenden Doktorgrad besitze.

Rostock, den 12.11.2009

Franziska Köster

9. Danksagung

Ich möchte Herrn Prof. Dr. med. habil. B. Kramp für die Überlassung und freundliche Betreuung des Themas danken.

Ein besonderer Dank geht auch an Herrn OA Dr. med. V. Hingst und seinen Kollegen für den fachlichen Rat und zur Verfügung Stellung von Literatur und CT-Datensätzen aus der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie der Universität Rostock im Zeitraum 01/1998 bis 04/2008.

Danke auch der sehr guten Zusammenarbeit im gemeinsamen Projekt mit Prof. Dr.-Ing. habil. K. Brökel und H. Klein vom Lehrstuhl für Konstruktionstechnik/CAD der Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik der Universität Rostock.

Ein weiteres Dankeschön gilt Frau Dipl.-Math. H. Krentz vom Institut für Medizinische Informatik und Biometrie der Universität Rostock für die Hilfestellungen im Rahmen der statistischen Analyse ermittelter Ergebnisse.

An dieser Stelle möchte ich mich bei meiner Familie für die großartige Unterstützung in meinem Studium und meiner Dissertation bedanken.

10. Thesen

- Die vorliegende Dissertation zur CT-gestützten Parametrisierung der Orbita ist Bestandteil eines Forschungsprojektes der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie „Otto Körner“ der medizinischen Fakultät und des Lehrstuhls für Konstruktionstechnik/CAD der Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik der Universität Rostock zur Entwicklung eines generischen Modells der Orbita. Ziel ist eine Generierung eines virtuellen menschlichen Schädelmodells.
CT-gestützt erfasste Messparameter sowie zur Verfügung stehende taktil erhobene Messwerte wurden nach Analyse katalogisiert, um ein exaktes und realitätsnahes virtuelles Modell der knöchernen Augenhöhle des Menschen zu generieren. Ein derartiges Modell soll schnell, flexibel und individuell anpassbar sein.
- Der Einsatz virtueller Schädelmodelle zur zeitgemäßen Ursachenklärung von Frakturen im Bereich des Gesichtsschädels, beispielsweise die der Blow-out-Fraktur, ist in Zukunft vorstellbar und soll im Rahmen dieses Gemeinschaftsprojektes abschließend näher untersucht werden. Bis zu diesem Zeitpunkt liegt keine eindeutige Definition der Pathogenese der Blow-out-Fraktur vor.
Auch eine Verwendung derartiger Modelle im Bereich medizinischer Interventionen, beispielsweise chirurgischer Rekonstruktionen oder in der Entwicklung geometrisch angepasster Produkte im Kopfbereich, wie Helme und Brillen, ist denkbar.
- Die Qualität der CT-Aufnahmetechnik spielt sowohl in der medizinischen Diagnostik als auch in der Anthropometrie, beispielsweise der orbitalen Parametrisierung eine zentrale Rolle.

Der technische Entwicklungsstandard dieses indirekt, anthropometrischen Verfahrens hat einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität in der Beurteilung orbitaler Strukturen.

Die in dieser Arbeit verwendeten CT-Datensätze der Mehrzeilencomputertomographie bildeten knöcherne Strukturen mit geringer Wanddicke, wie die mediale und inferiore Orbitawand, optimaler ab.

Zur besseren Charakterisierung anatomischer Strukturen, beispielsweise der knöcherner Augenhöhle des Menschen, wird zukünftig die Verwendung der Mehrzeilencomputertomographie vorgeschlagen.

- In der Anthropometrie ist, zur Quantifizierung von spezifischen Strukturen, die zu Hilfenahme von Bezugspunkten möglich.

In der vorliegenden Dissertation zeigte sich die Verwendung der Landmarke, der Sutura frontozygomata, als Vermessungsgrundlage für die Parametrisierung der Orbita hilfreich. Es konnten zahlreiche CT-Datensätze bezüglich der Orbitabreite ausgewertet werden.

Ein besonderer Stellenwert der Sutura frontozygomata in der CT-gestützten Parametrisierung der Orbita ist in Zukunft vorstellbar.

- Orbitale Größenverhältnisse in Abhängigkeit vom Lebensalter und Geschlecht, erfasst durch die CT-gestützte Parametrisierung und das taktile Scanverfahren, wurden im Zusammenhang mit anthropometrischen Studien gesehen.

Die ermittelten Ergebnisse beider Messverfahren bestätigten die gängigen anthropometrischen Untersuchungen nicht immer. Die Messwerte stellten sich bezüglich der Größenverhältnisse in Abhängigkeit von Lebensalter und Geschlecht nicht einheitlich dar.

- Orbitale Hauptparameter, wie Breite und Höhe in der Orbitaeingangsebene korrelierten größtenteils mit anatomischen Streckenvermessungen und fanden sich in Referenzbereichen bekannter Publikationen wieder.

- Eine abschließende Aussage bezüglich des orbitalen Wachstums ist in der CT-gestützten Parametrisierung alleinig, aufgrund der geringen Anzahl auswertbarer CT-Datensätze, nicht möglich. Zur genaueren CT-gestützten Evaluation orbitaler Wachstumsprozesse wird zukünftig die Verwendung größerer Beobachtungsreihen vorgeschlagen. Altersspezifische Veränderungen, beispielsweise in der weiblichen Beobachtungsreihe oder im mittleren Bereich der Orbita, welcher durch geringe Wandstärken der medialen und inferioren Orbitawand gekennzeichnet ist, können so genauer abgebildet werden.
- In der Gesamtheit computertomographisch und taktil erhobener Messergebnisse wird aufgrund der geringen Anzahl signifikanter, altersspezifischer Größenunterschiede und der häufigeren signifikanten, geschlechtsspezifischen Differenzierung orbitaler Parameter eine geschlechtsspezifische, altersunabhängige Katalogisierung mitteleuropäischer Orbitae vorgeschlagen.
- Altersabhängige Größenentwicklungen orbitaler Strukturen zu den bestimmten Körperebenen, ermittelt in der CT-gestützten Parametrisierung, sollten beachtet werden
- Über die CT-gestützte Parametrisierung der Orbita gibt es zahlreiche patienten- bzw. schädelpräparatbezogene Studien. Diese beinhalten unterschiedliche Ansätze in der Beschreibung einzelner orbitaler Strukturen.
Die Art und Anzahl der gewählten Orbitaparameter wurde, innerhalb des Gemeinschaftsprojektes zur Entwicklung eines generischen Modells der menschlichen Orbita, als ausreichend bewertet.
- Im taktilen Scanverfahren erfasste Messwerte der Orbita wurden mit CT-gestützt erhobenen orbitalen Parametern auf eine mögliche Kombination und Verwendung, zur Erstellung eines parametergestützten virtuellen Modells, miteinander verglichen. Im Vergleich der Messwerte fanden sich relevante Längenunterschiede, welche sich im Trend nicht einheitlich darstellten.

- Trotz genannter Einschränkungen, flossen CT-gestützt ermittelte und taktil erhobene Messwerte orbitaler Strukturen kombiniert mit anthropometrischen Messdaten in die Entwicklung des generischen Modells der Orbita mit ein.
- Orbitale Strukturen, sind in ihrer Beurteilung sehr komplex. Dieser Aspekt verdeutlichte sich in der Auswertung und Analyse der hier ermittelten Messwerte.

Um mögliche kraniofaziale Entwicklungsprozesse präziser beschreiben zu können, sollten orbitale Strukturen bzw. Bereiche zukünftig allein betrachtet werden. Entsprechende Ergebnisse könnten dann in weiterführende Generierungen von virtuellen Modellen fließen.